



16
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON**

**PROYECTO DE ALUMBRADO PARA UNA
NAVE INDUSTRIAL Y UN LOCAL
DE EVENTOS RECREATIVOS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
SAUL ALEJANDRO DE LA OCA GARCIA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO MAYO DE 1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Pág.

PROLOGO

INTRODUCCION

CAPITULO I. Proceso de la visión y conceptos
básicos de iluminación 1

CAPITULO II. Diferentes tipos de lámparas.

Lámparas incandescentes 23

Lámparas de tungsteno-halógeno 28

Lámparas fluorescentes 31

Lámparas de vapor de mercurio 43

Lámparas de aditivos metálicos 55

Lámparas de vapor de sodio de alta presión 61

CAPITULO III. Nomenclatura fotométrica y métodos de
cálculo de iluminación.

Generalidades 67

Métodos de cálculo de iluminación interior 73

CAPITULO IV. Proyecto de alumbrado de una nave

de fundición de acero 87

Alumbrado de ruedo Plaza de Toros "México" 93

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

PROLOGO

El presente trabajo trata sobre los principales fundamentos del alumbrado y su aplicación en el diseño de instalaciones eléctricas.

En seguida se hará una breve descripción del contenido de cada uno de los capítulos que se tratan en este trabajo.

En el Capítulo I se habla sobre el proceso de la visión en el ojo humano así como las funciones de las principales partes que lo conforman; también se definen las características y medidas de las unidades que se utilizan en el cálculo de alumbrado.

En el Capítulo II se presenta la teoría de funcionamiento de diferentes tipos de lámparas así como sus características principales y algunas recomendaciones de aplicación.

El Capítulo III presenta la nomenclatura fotométrica mediante la cual los fabricantes de lámparas y luminarias proporcionan la información de sus productos así como su interpretación. En este Capítulo también se describen los principales métodos de cálculo de alumbrado interior y los factores que deben considerarse para dichos cálculos.

En el Capítulo IV se presentan dos ejemplos de aplicación del cálculo de alumbrado interior: el alumbrado de una nave de una planta de fundición de acero y el alumbrado del ruedo de la Plaza de Toros México.

Introducción

La primera luz artificial, producida por el hombre, fue hace millones de años al descubrir el fuego, dándole varios usos tales como: iluminación, para proporcionar calor, para el cocimiento de alimentos, etc.; ésto lo conseguía quemando ramas secas formando una antorcha, después tuvo la idea de quemar aceites vegetales o animales en una vasija abierta, este sistema se mejoró añadiendo una mecha, una vez descubierto el petróleo, éste sustituyó a los aceites utilizando el quinqué o lámpara de petróleo, que a la fecha se sigue utilizando en lugares donde se carece de energía eléctrica.

Hoy en día se han desarrollado técnicas y estudios especiales para resolver los problemas de la iluminación artificial, que en la actualidad juega un papel muy importante, pues abarca desde la iluminación en el hogar, hasta la señalización en tableros de computación electrónica, así como la iluminación de campos deportivos y señalización luminosa para facilitar aterrizajes nocturnos y diurnos en los aeropuertos.

Las lámparas, al quemar aceite, grasa, gas, etc., producen luz porque estos materiales contienen carbón y las partículas candentes o incandescentes emiten luz.

En el año de 1878 ya había la inquietud de producir luz eléctrica, el norteamericano Moisés G. Farmer y el inglés Joseph W. Swan, lograron algunas experiencias de muchísimo valor a base de fibras vegetales carbonizadas en una botella de cuello ancho en la cual se había hecho un vacío parcial, pero los resultados eran muy imprácticos.

Thomas Alva Edison experimentó primeramente con un filamento hecho con un hilo carbonizado, después con una tira de papel y más tarde con bambú, uniendo los dos extremos de este material a los polos de una batería húmeda, lo cubrió luego con una campana de vidrio e hizo el vacío por medio de una bomba para eliminar el oxígeno y así evitar la combustión del filamento al paso de la corriente, pero ésto no duraba más de 7 u 8 minutos.

Tiempo después, Alva Edison se trasladó a la Ciudad de Ansonia para inspeccionar una máquina a la que su inventor, Wallace, había dado el nombre de Telemachón;

Capítulo I

Proceso de la visión y conceptos básicos de iluminación

El ojo es esencialmente un mecanismo que recoge y enfoca la luz. Los rayos luminosos que entran en el cristalino a través de la pupila caen sobre unas células fotosensibles, localizadas en el fondo de la superficie interna del globo ocular, que forman lo que se llama la retina.

Hay dos tipos de estas células, Bastones y Conos, cuyas funciones están perfectamente definidas unas de las otras. Cualquier mal entendido en estas diferencias, lanza al proyectista hacia un alumbrado deficiente.

La mayoría de los conos están agrupados en una pequeña área cerca del centro de la retina (fóvea), donde los rayos luminosos enfocados por el cristalino forman una imagen como la de una cámara fotográfica. Su fina disposición en mosaico permite que se vaya formando una imagen clara y nítida, la cual es transmitida por el nervio óptico al cerebro que la percibe como una idea consciente.

Los conos nos permiten leer, inspeccionar objetos cercanos, distinguir colores y hacer comparaciones visuales precisas.

La concentración de los conos disminuye a medida que aumenta la distancia a la fóvea. Esto significa que fuera de la pequeña abertura del pequeño ángulo visual dominada por los conos, la claridad y agudeza visual disminuyen rápidamente. En

PROLOGO

El presente trabajo trata sobre los principales fundamentos del alumbrado y su aplicación en el diseño de instalaciones eléctricas.

En seguida se hará una breve descripción del contenido de cada uno de los capítulos que se tratan en este trabajo.

En el Capítulo I se habla sobre el proceso de la visión en el ojo humano así como las funciones de las principales partes que lo conforman; también se definen las características y medidas de las unidades que se utilizan en el cálculo de alumbrado.

En el Capítulo II se presenta la teoría de funcionamiento de diferentes tipos de lámparas así como sus características principales y algunas recomendaciones de aplicación.

El Capítulo III presenta la nomenclatura fotométrica mediante la cual los fabricantes de lámparas y luminarias proporcionan la información de sus productos así como su interpretación. En este Capítulo también se describen los principales métodos de cálculo de alumbrado interior y los factores que deben considerarse para dichos cálculos.

En el Capítulo IV se presentan dos ejemplos de aplicación del cálculo de alumbrado interior: el alumbrado de una nave de una planta de fundición de acero y el alumbrado del ruedo de la Plaza de Toros México.

Introducción

La primera luz artificial, producida por el hombre, fue hace millones de años al descubrir el fuego, dándole varios usos tales como: iluminación, para proporcionar calor, para el cocimiento de alimentos, etc.; ésto lo conseguía quemando ramas secas formando una antorcha, después tuvo la idea de quemar aceites vegetales o animales en una vasija abierta, este sistema se mejoró añadiendo una mecha, una vez descubierto el petróleo, éste sustituyó a los aceites utilizando el quinqué o lámpara de petróleo, que a la fecha se sigue utilizando en lugares donde se carece de energía eléctrica.

Hoy en día se han desarrollado técnicas y estudios especiales para resolver los problemas de la iluminación artificial, que en la actualidad juega un papel muy importante, pues abarca desde la iluminación en el hogar, hasta la señalización en tableros de computación electrónica, así como la iluminación de campos deportivos y señalización luminosa para facilitar aterrizajes nocturnos y diurnos en los aeropuertos.

Las lámparas, al quemar aceite, grasa, gas, etc., producen luz porque estos materiales contienen carbón y las partículas candentes o incandescentes emiten luz.

En el año de 1878 ya había la inquietud de producir luz eléctrica, el norteamericano Moisés G. Farmer y el inglés Joseph W. Swan, lograron algunas experiencias de muchísimo valor a base de fibras vegetales carbonizadas en una botella de cuello ancho en la cual se había hecho un vacío parcial, pero los resultados eran muy imprácticos.

Thomas Alva Edison experimentó primeramente con un filamento hecho con un hilo carbonizado, después con una tira de papel y más tarde con bambú, uniendo los dos extremos de este material a los polos de una batería húmeda, lo cubrió luego con una campana de vidrio e hizo el vacío por medio de una bomba para eliminar el oxígeno y así evitar la combustión del filamento al paso de la corriente, pero ésto no duraba más de 7 u 8 minutos.

Tiempo después, Alva Edison se trasladó a la Ciudad de Ansonia para inspeccionar una máquina a la que su inventor, Wallace, había dado el nombre de Telemachón;

era un sistema por medio del cual encendía 8 lámparas de arco voltaico; retornó a Menlo Park, Nueva Jersey, en donde Alva Edison tenía su laboratorio, con la firme idea de superar este experimento y, el 5 de octubre de 1878 quedó registrada la primera lámpara de Edison bajo la patente No. 214636; esta lámpara consistía en un tubo de vidrio en la que se usaba como filamento una doble espira de platino, pero este filamento se fundía con el paso de una pequeña corriente arriba de la que se requería y como el platino era caro, la lámpara era costosa y se ponía fuera del alcance de la mayoría de la gente.

El 19 de octubre de 1879, ya tenía diseñada una nueva lámpara que consistía en un filamento en forma de herradura formado por un hilo de algodón impregnado en carbón y una ampolleta de cristal sellada en vacío. Esa misma noche inició la prueba de rutina por lo que nadie se sorprendió al conectar la lámpara y ver que lanzaba luz brillante y uniforme. El problema era saber cuánto tiempo permanecería encendida, ya que algunas sólo brillaban unos minutos y otras algunas horas, pero ésta permaneció encendida hasta el medio día del lunes 20 de octubre ya que Edison no resistió la tentación y comenzó a forzar la bombilla con corrientes cada vez más altas hasta que fundió el filamento. Todo esto era un verdadero éxito, ya que había logrado tenerla encendida más de 40 horas, pero esto no conformaba a Edison y probó nuevamente con el filamento a base de carbón, con la nueva forma y la nueva técnica, esto dió mejores resultados ya que de las 40 horas alcanzó 140 horas de encendido, con lo cual se consideró el nacimiento de la luz eléctrica en esos últimos días del mes de octubre de 1879.

Capítulo I

Proceso de la visión y conceptos básicos de iluminación

El ojo es esencialmente un mecanismo que recoge y enfoca la luz. Los rayos luminosos que entran en el cristalino a través de la pupila caen sobre unas células fotosensibles, localizadas en el fondo de la superficie interna del globo ocular, que forman lo que se llama la retina.

Hay dos tipos de estas células, Bastones y Conos, cuyas funciones están perfectamente definidas unas de las otras. Cualquier mal entendido en estas diferencias, lanza al proyectista hacia un alumbrado deficiente.

La mayoría de los conos están agrupados en una pequeña área cerca del centro de la retina (fóvea), donde los rayos luminosos enfocados por el cristalino forman una imagen como la de una cámara fotográfica. Su fina disposición en mosaico permite que se vaya formando una imagen clara y nítida, la cual es transmitida por el nervio óptico al cerebro que la percibe como una idea consciente.

Los conos nos permiten leer, inspeccionar objetos cercanos, distinguir colores y hacer comparaciones visuales precisas.

La concentración de los conos disminuye a medida que aumenta la distancia a la fóvea. Esto significa que fuera de la pequeña abertura del pequeño ángulo visual dominada por los conos, la claridad y agudeza visual disminuyen rápidamente. En

realidad el tamaño del campo visual en el que predomina la acción de los conos es aproximadamente de un círculo de 2.5 cm., de diámetro a la distancia normal de lectura. El pequeño ángulo de visión requiere funcionamiento especial del ojo: moviéndose, deteniéndose, escudriñando, etc., sobre una página impresa la cual exige altos niveles de iluminación para una visión rápida y precisa.

Los bastones, por otra parte, desempeñan otro papel en la visión, están mucho menos densos que los conos y están dispersos sobre toda la superficie del globo ocular.

Son mucho más sensibles a la luz que los conos, pero por su tosca disposición en mosaico no producen una imagen finamente enfocada. Además, muchos bastones están conectados por nervios, no al cerebro, sino directamente a los músculos en distintas partes del cuerpo.

A los bastones corresponde la visión fuera del área de acción de los conos sobre la página.

Su papel es tan importante que en algunos países una persona con una visión defectuosa de los bastones, está legalmente considerada como ciega aunque pueda leer, emplear herramienta y distinguir los colores. Los bastones hacen posible la visión a muy bajos niveles de iluminación. Producen reflejos automáticos musculares para la protección del cuerpo o de los propios ojos, de objetos en el aire. Estas acciones son mucho más rápidas que las resultantes de un pensamiento deliberado. Determina el sentido inconsciente de tranquilidad o intranquilidad en un ambiente iluminado.

Partes constitutivas del ojo y sus funciones (Ver Fig. 1.1)

PARPADO.- Parte del ojo que lo protege y que bajo condiciones de extremada brillantez lo ayuda a regular la cantidad de luz que le llega.

CORNEA.- Porción transparente de la membrana exterior que rodea al ojo, sirve como protector y forma parte del sistema refractor.

IRIS.- Es la parte del ojo que funciona como diafragma controlando la cantidad de luz que entra.

PUPILA.- Abertura en el centro del iris a través de la cual la luz entra en el ojo.

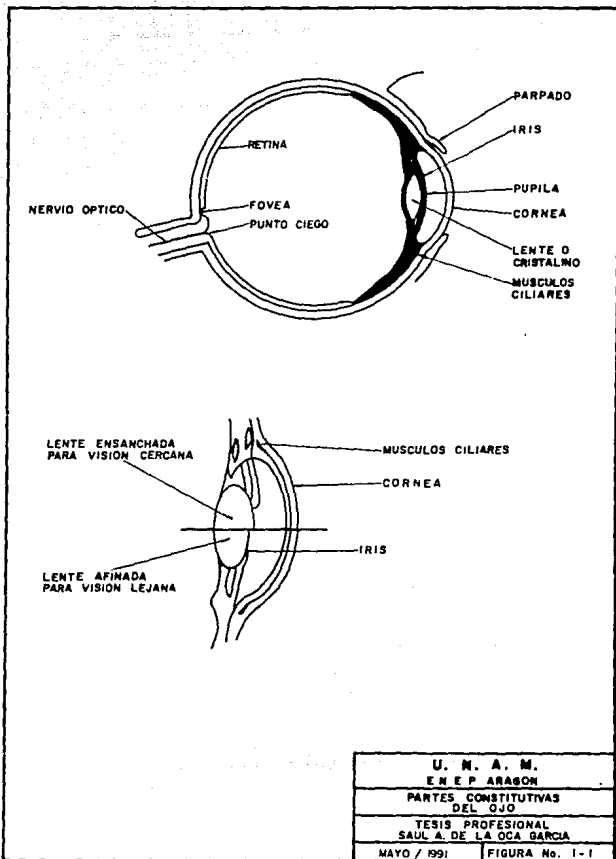
CRISTALINO.- Cápsula transparente colocada atrás del iris cuya forma cambia para enfocar objetos a diferentes distancias.

MUSCULOS CILIARES.- Músculos de forma circular que ajustan la tensión en el cristalino, cambiando su curvatura para afocar objetos cercanos o distantes.

RETINA.- Superficie sensitiva a la luz localizada en la parte posterior del globo ocular. Contiene delicadas fibras nerviosas que parten del nervio óptico y que terminan en pequeñísimas estructuras con forma de conos y bastoncillos.

CONOS Y BASTONES.- Su función se describió anteriormente.

PUNTO CIEGO.- Este es el punto de la retina por donde el nervio óptico, que conduce las sensaciones de luz al cerebro, entra en el ojo. En este punto no hay bastoncillos ni conos y por consiguiente la luz no causa ninguna sensación.



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
PARTES CONSTITUTIVAS DEL OJO	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 1-1

Características de la visión del ojo

ACOMODO.- Cuando el lente o cristalino es más plano, el ojo está enfocando objetos distantes, para enfocar objetos cercanos, particularmente dentro de 6 metros, necesita aumentar la concavidad del cristalino por medio de la contracción de los músculos ciliares.

El acomodo también incluye los cambios en el diámetro de la pupila. Cuando el ojo afoca objetos distantes la pupila es relativamente grande, y cuando la visión recae en objetos cercanos la pupila se contrae de tal manera que agudiza su definición admitiendo menos luz en los ojos.

ADAPTACION.- El ojo está capacitado para funcionar en una tremenda variedad de niveles de iluminación por medio del proceso conocido como adaptación. Esto implica un cambio en la abertura pupilar en conjunto con cambios fotoquímicos en la retina.

El tiempo requerido para el proceso de adaptación depende del estado previo de ella y de la magnitud del cambio.

En general, la adaptación a un nivel más alto de iluminación se verifica más rápido que en caso contrario. La adaptación a mayor nivel se desarrolla durante el primer minuto, mientras que la adaptación a la semi-oscuridad toma aproximadamente de 20 a 30 minutos y puede requerir una hora para la adaptación a la completa oscuridad.

Características y medidas de la luz

LUZ.- Para los propósitos de iluminación se define a la luz como "La energía radiante valuada de acuerdo con su capacidad para producir sensación visual".

Es importante hacer notar la capacidad visual del ojo humano dentro del espectro radiante, por lo que es necesario hacer las siguientes consideraciones. Habiéndose hecho los estudios y llegando a la conclusión que la luz se propaga por medio de ondas electromagnéticas, lógicamente éstas tendrán una cierta longitud de onda y una cierta frecuencia. La frecuencia se mide en ciclos por segundo, kilociclos por segundo o megaciclos por segundo. La longitud de onda se mide en unidades lineales como el metro, pie, pulgada, etc., pero para la longitud de ondas electromagnéticas del espectro se usan medidas mucho más pequeñas por las características de estas longitudes. Las unidades que se usan son la micra, que es la millonésima parte del metro, la milimicra, que es la milésima parte de la micra, el Angstrom, que es la diezmilésima parte de la micra, etc.

Algunas equivalencias de la micra con otras unidades:

$$1 \text{ micra} = 1 \times 10^6 \text{ micromicras } (\mu\mu)$$

$$1 \text{ micra} = 1 \times 10^3 \text{ nanómetros } (\eta M)$$

$$1 \text{ micra} = 1 \times 10^4 \text{ Angstrom } (\text{Å})$$

$$1 \text{ micra} = 1 \times 1000 \text{ milimicras } (m\mu)$$

$$1 \text{ micra} = 0.001 \text{ milímetros } (\text{mm})$$

$$1 \text{ micra} = 1 \times 10^{-4} \text{ centímetros } (\text{cm})$$

1 micra = 1×10^{-6} metros (m)

1 micra = 0.03937 mil (mil = 0.001 inch)

1 micra = 3.937×10^{-5} pulgadas (inch)

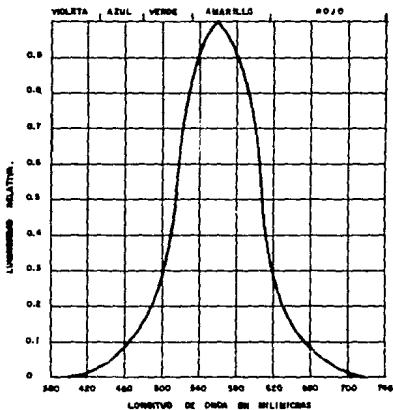
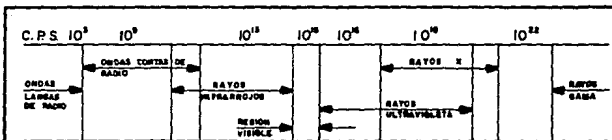
El espectro radiante electromagnético considerando las longitudes de onda en milimicras y frecuencia en ciclos por segundo se podría interpretar como en la figura 1.2.

Como se puede apreciar, la región visible es sólo una pequeña parte del espectro radiante. En la figura 1.2 se representa a la región visible únicamente, indicando los colores, según la longitud de onda en milimicras.

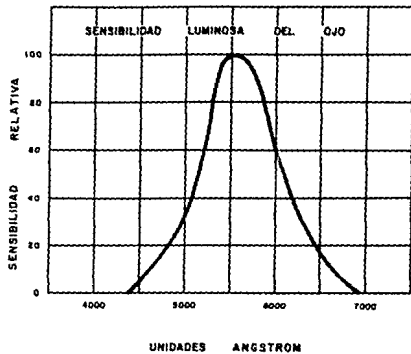
Las características de recepción del ojo humano han sido sujetas a muchas investigaciones en las que se ha llegado a conclusiones como las siguientes:

Varía con el individuo, con el tiempo, con la edad y con el estado de salud en que se encuentre cualquier persona. En consecuencia, será imposible catalogar a un solo individuo como poseedor de un ojo normal, sin embargo, después de muchos estudios en muchos individuos, la Comisión de Iluminación (C.I.E.), y la Sociedad de Ingeniería de Iluminación adoptaron valores para la luminosidad relativa o eficiencia luminosa espectral, y con éstos se dibujó una curva en la que se muestra la capacidad relativa de energía radiante de diversas longitudes de onda, dentro de la gama visible, para producir sensación visual (Figura 1.3). Todas las ondas de energía radiante se transmiten en el vacío a la misma velocidad, o sea 300,000 kilómetros por segundo.

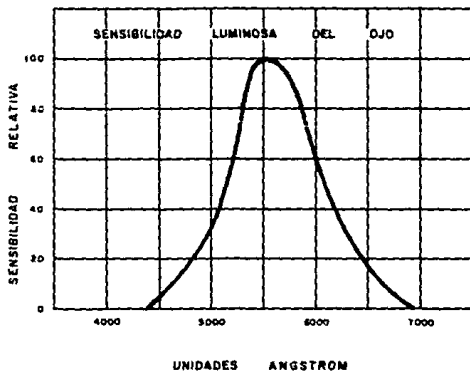
La luz se desplaza en línea recta a menos que sea modificada su trayectoria o redirigida mediante elementos reflectores, refractores o difusores, alterando su



U. N. A. M.	
E N E P ARAGON	
ESPECTRO RADIANTE	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 1 - 2



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
CURVA DE SENSIBILIDAD RELATIVA	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 1-3



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
CURVA DE SENSIBILIDAD RELATIVA	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 1-3

velocidad de propagación y su longitud de onda, sin embargo, su frecuencia permanece igual.

Las ondas luminosas pasan unas a través de otras sin alteración de ninguna de ellas. Por ejemplo, un rayo de luz roja pasará a través de un rayo de luz azul, sin cambiar ni la dirección ni el color.

La luz es invisible al pasar a través del espacio, excepto si algún medio (como el polvo) la dispersa en dirección del ojo.

Para encontrar la velocidad de las ondas en cualquier medio podemos usar la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\lambda \cdot \nu}{n}$$

en donde:

V = velocidad de las ondas en cm/seg.

n = índice de refracción del medio

λ = longitud de onda en cm.

ν = frecuencia en ciclos por segundo.

Dentro del campo de iluminación se trabaja fundamentalmente dentro de la gama visible del espectro radiante y eventualmente, en casos muy particulares, en parte de la gama de rayos ultravioleta e infrarrojos.

Estas gamas se pueden precisar en:

Ultravioleta de 200 a 400 milimicras

Región visible de 400 a 760 milimicras

Infrarrojos de 760 a 2000 milimicras

es decir, dentro de estos límites se trabaja en la práctica de la iluminación.

A continuación se describen los términos de mayor importancia en iluminación.

FLUJO RADIANTE.- Es la cantidad de energía radiante por unidad de tiempo que llega o es emitida por cualquier superficie por medio de ondas electromagnéticas. El símbolo del flujo radiante es Φ y se expresa en ergs por segundo o en watts. Este concepto se aplica a cualquier parte del espectro.

ANGULO SOLIDO.- En casi toda la literatura que existe en iluminación se menciona el ángulo sólido y de hecho, se necesita familiarización con dicho término para comprender mejor la teoría de la iluminación. Se mide el ángulo sólido mediante la razón de una porción de superficie de una esfera, encerrada por una pirámide esférica que forma el ángulo, al cuadrado del radio de la esfera. La unidad es el estereoradián, y se define como el ángulo sólido subtendido desde el centro de una esfera por un área de forma arbitraria de la superficie esférica, igual al cuadrado del radio de la esfera. Así como en el plano el ángulo tiene un límite de 2π radianes, el ángulo sólido tiene un límite de $4\pi r^2$ que dividida entre el radio al cuadrado se obtiene 4π estereoradianes.

FLUJO LUMINOSO.- Simplemente la palabra flujo significa el paso continuo de algo material. Por consiguiente, flujo de luz puede interpretarse como el paso de energía luminosa emitida por una fuente de luz. El símbolo para el flujo luminoso es F y la unidad es el lumen que se define como "El flujo luminoso a través de un

ángulo sólido de un estereorradián emitido por una fuente puntual uniforme de una bujía. Si se tiene una fuente puntual cuya intensidad luminosa es una bujía en todas direcciones, el flujo luminoso será, por definición, de 4π (12.56) lumens, por lo que teniendo una fuente puntual que emite una intensidad luminosa en todas direcciones de cualquier valor, en bujías, bastará multiplicar dicho valor por 12.56 para obtener el flujo luminoso en lumens (Ver figura 1.4).

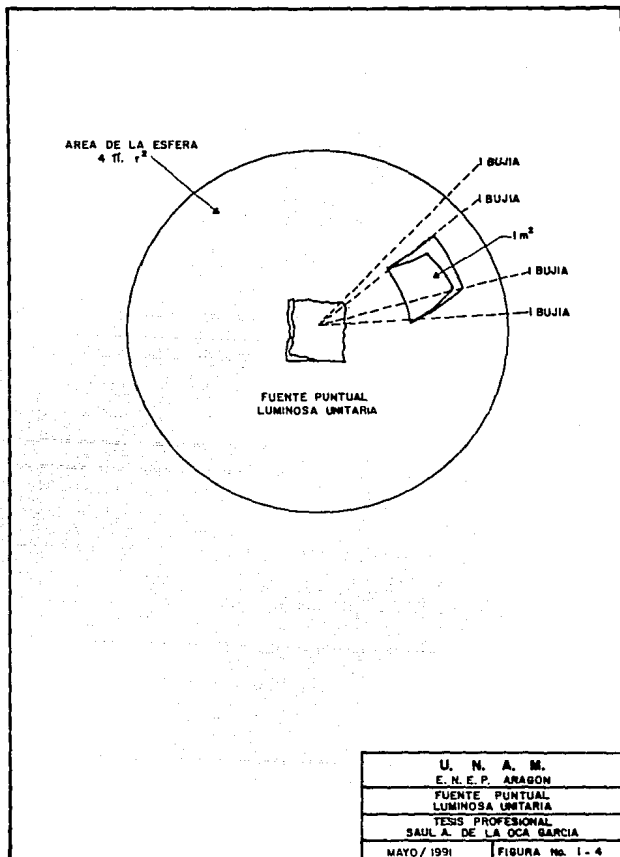
INTENSIDAD LUMINOSA.- La intensidad luminosa en una cierta dirección se define como la densidad de flujo luminoso por unidad de ángulo en la dirección en cuestión. También se puede definir como la razón del flujo dF al ángulo sólido $d\omega$. La unidad de intensidad luminosa será la bujía o candela y su símbolo es I , la ecuación será:

$$I = \frac{dF}{d\omega}$$

La candela o bujía es la cantidad básica internacional de todas las medidas de luz; todas las demás unidades se derivan de ella.

Su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura de solidificación del platino de 2042° Kelvin o sea exactamente 600,000 bujías por metro cuadrado.

ILUMINACION.- Es la densidad de flujo luminoso en una superficie; es el cociente del flujo luminoso entre el área de la superficie en que incide cuando dicha área es iluminada uniformemente. La ecuación para la iluminación es:



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
FUENTE PUNTUAL LUMINOSA UNITARIA	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 1-4

$$E = \frac{dF}{dA}$$

siendo:

E = iluminación

dF = diferencial de flujo luminoso

dA = diferencial de área

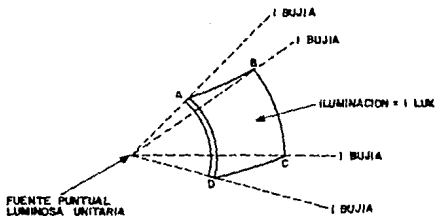
La unidad en que se mide la iluminación es el lux que se define como la cantidad de luz proyectada por una bujía sobre un área de un metro cuadrado de una esfera con un metro de radio; también se le llama bujía-metro, o en países donde se usa el sistema inglés se le llama bujía-pie (foot-candle).

La equivalencia entre la bujía-pie y el lux es:

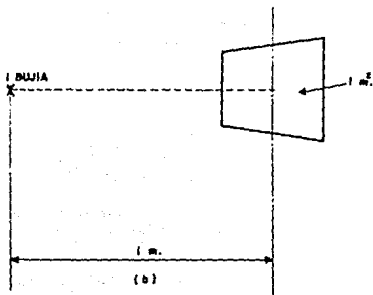
1 bujía-pie = 10.758 luxes

Existe la diferencia porque en un caso se toma la unidad de área en pies cuadrados y la otra en metros cuadrados.

La figura 1.5.a nos representa las relaciones entre tres unidades básicas usadas en iluminación. Si el radio de la esfera es de un metro y la fuente puntual de una bujía, el flujo luminoso será de 4 lumens y la iluminación en la superficie ABCD será de 1 lumen/m² ó 1 lux. En la figura 1.5.b se considera una superficie de 1 m², sin embargo, dicha superficie no está iluminada uniformemente por no estar todos sus puntos equidistantes de la fuente luminosa. También, si la fuente no es puntual sino de ciertas dimensiones, las condiciones básicas se alterarán. Como éstas son las



(a)



(b)

U. N. A. M.	
E N E P A R A G O N	
UNIDADES DE ILUMINACION	
TESIS PROFESIONAL	
S A U L A D E L A O C A G A R C I A	
M A Y O / 1 9 9 1	F I G U R A N o . 1 - 5

condiciones básicas que prevalecen en la práctica de la iluminación, tenemos luxes o bujía-pie aparentes y no reales, por lo consiguiente se deduce que:

"La intensidad luminosa aparente de una fuente luminosa, con dimensiones, medida a una cierta distancia, es la intensidad luminosa de una fuente luminosa puntual que produciría la misma iluminación a esa misma distancia".

Ley de la inversa del cuadrado

Esta ley establece que "la iluminación es proporcional a la intensidad luminosa de una cierta fuente e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente luminosa y la superficie iluminada". Esta ley se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

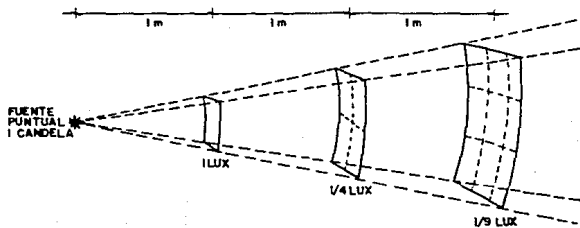
$$E = \frac{I}{d^2}$$

en donde:

E = iluminación, en luxes.

I = intensidad luminosa en la dirección considerada, en ^{candelas} lúmenes.

d^2 = distancia entre la fuente luminosa y la superficie, en metros.



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
LEY DE LA INVERSA DE LOS CUADRADOS	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIG. No. 1 - 6

La figura 1.6 muestra dicha ley, si se considera una fuente puntual iluminando las superficies a 1, 2, y 3 metros de la fuente siendo las áreas de dichas superficies de 1, 4 y 9 metros cuadrados.

Tal y como está expresada la ley, no se toma en cuenta la absorción atmosférica de la luz y se considera una fuente puntual.

Consecuentemente no se podrá hacer un análisis práctico debido a que algunos rayos emitidos por alguna lámpara de dimensiones considerables serán incluidos; sin embargo, esta ley se aplica prácticamente habiéndose aceptado que la mínima distancia entre la fuente luminosa y la superficie sea de 5 veces el diámetro de la fuente, pues a partir de esa distancia se puede considerar la fuente como puntual.

BRILLO.- El problema del brillo es muy importante y el concepto del mismo es un poco complicado por lo que se debe presentar claramente y con cuidado para evitar consideraciones erróneas. El brillo se define como "la intensidad luminosa de cualquier superficie en cierta dirección, por unidad de área proyectada de dicha superficie vista desde la dirección considerada". El brillo se representa por B y su ecuación será:

$$B = \frac{dI}{dA \cos \theta}$$

siendo:

B = brillo

I = intensidad

A = superficie en m^2 ó ft^2

Consecuentemente la unidad de brillo es la bujía por metro cuadrado, bujía por pie cuadrado, etc. (Ver figura 1.7).

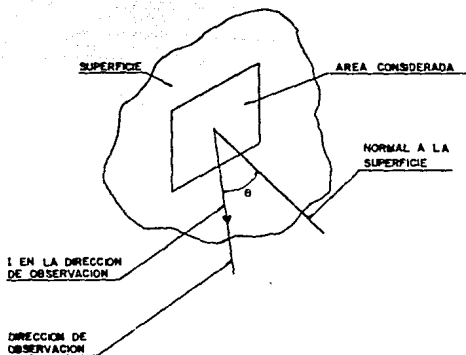
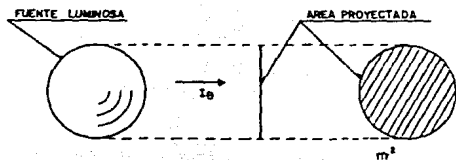
Existe otra unidad para medir el brillo y se conoce como el Lambert, que se define como el brillo promedio de cualquier superficie que refleja o emite luz a razón de 1 lumen por cm^2 .

En el sistema inglés la unidad comúnmente usada para el brillo es el pie-lambert (foot-lambert), que es el brillo promedio de alguna superficie que refleja luz en forma difusa, basta multiplicar la iluminación de dicha superficie en bujías pie por el factor de reflexión para obtener pie-lambert.

$$B = E \rho \text{ (lumen / cm}^2\text{)}$$

En la actualidad, para fines generales y para facilitar el cálculo de la iluminación (interior principalmente), se han establecido niveles de iluminación que reflejen un brillo de 75 pie-lambert como promedio máximo para comodidad del ojo.

Desde luego, hay que considerar el factor de reflexión del objeto u objetos en los cuales se enfoca el ojo.



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
BRILLANTEZ	
TESIS PROFESIONAL	
SABU, A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 1 - 7

Iluminación horizontal y vertical en un cierto punto.

Para hacer cálculos de iluminación se han ideado varios métodos y el que se usa comúnmente es el método de los lúmenes puesto que en este método se considera, para iluminaciones interiores, los factores de reflexión de las superficies adyacentes, factores de mantenimiento, etc., sin embargo, para otra clase de iluminaciones, se requiere saber los luxes que se tiene en el plano vertical y horizontal en un determinado punto.

Para este propósito el método de lúmenes es inadecuado y se hace uso de la ley de la inversa del cuadrado y del método punto por punto (que se tratan en el Capítulo III).

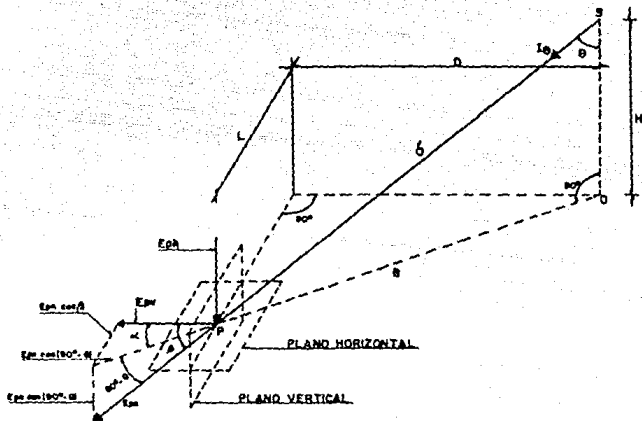
La figura 1.8 muestra la construcción considerada para el cálculo de la iluminación horizontal y vertical.

De la figura:

H = altura de montaje de la fuente luminosa

D = distancia del plano del eje de la fuente luminosa al plano, paralelo anterior, que pasa por el punto P .

L = desplazamiento del punto P de la perpendicular a la fuente luminosa.



U. N. A. M.	
E.N.E.P. ARAGON	
ILUMINACION HORIZONTAL Y VERTICAL DE UN PUNTO	
TESIS PROFESIONAL	
SALA A DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 1 - 8

Por trigonometría obtenemos:

$$OP = \sqrt{D^2 + L^2}$$

$$SP = \sqrt{OP^2 + H^2}$$

$$E_{ph} = E_{pn} \sin(90^\circ - \theta)$$

$$E_{pn} = \frac{I \theta}{SP^2}$$

$$\text{Si } \cos \theta = \sin(90^\circ - \theta)$$

$$E_{ph} = \frac{I \theta}{SP^2} \cos \theta \quad (\text{Iluminación en el plano horizontal})$$

$$E_{pv} = \frac{I \theta}{SP^2} \sin \theta \sin \alpha \quad (\text{Iluminación en el plano vertical})$$

Medición de la iluminación

La medición de la iluminación se denomina Fotometría, y se encarga de analizar todos los aspectos de la iluminación que el ojo humano aparentemente no puede detectar. El aparato principal que se usa en esta clase de mediciones es el Fotómetro, y es un aparato que mide la energía radiante en la región visible del espectro y adyacentes. El estudio de la fotometría es muy intenso y muy complejo por lo que llevaría más de una tesis el describir todos los aparatos y técnicas en medición de luz. El propósito de citar la medición de la luz en esta tesis es el hecho de que en una instalación de iluminación se necesitan hacer ciertas comprobaciones en el terreno para comparar los resultados con el estudio teórico en el gabinete, pues como en dichos estudios hay muchos factores que se necesitan tomar a criterio del proyectista, las comprobaciones sirven para normar dicho criterio.

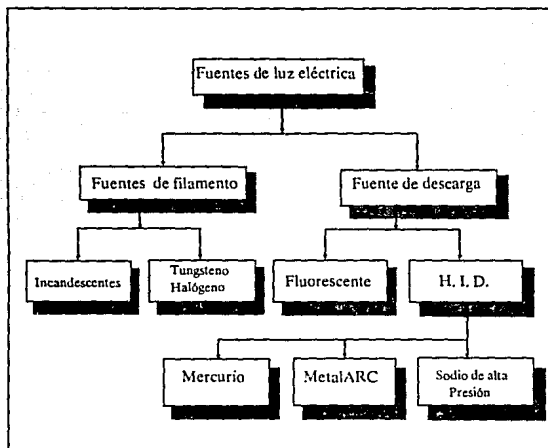
Para estos propósitos existen aparatos portátiles, algunos a base de celdas fotoeléctricas que detectan la iluminación en luxes así como la brillantez.

Normalmente en la práctica se acostumbra hacer distintas lecturas y, de hecho, se hace un levantamiento fotométrico del área en rectángulos y triángulos y éstas a su vez en zonas transversales, de tal manera que éstas áreas, divididas regularmente, tienen una lectura en cada zona. Tomando un promedio de las lecturas en todas las zonas, se puede hacer la comparación con lo calculado en el gabinete.

Capítulo II

Diferentes Tipos De Lámparas

La clasificación de las lámparas eléctricas que se tratan en esta tesis, de acuerdo a su operación, se indica a continuación:



LAMPARAS INCANDESCENTES.- En la actualidad las lámparas incandescentes tienen un filamento de tungsteno que soporta temperaturas hasta 2800° y 3000°C.

sin que se funda el filamento, siempre y cuando dentro del bulbo exista una atmósfera de un gas inerte tal como el nitrógeno o el argón, o bien, la combinación de ambos, esto impide la desintegración rápida del filamento debido a la oxidación, aunque también existen lámparas al vacío que se denominan tipo B, que generalmente son para una capacidad menor de 40 watts, y de 40 watts en adelante son fabricadas llenando el bulbo de gas denominándose tipo C, éste tipo C, es llenado con diferentes porcentajes de gas según el uso que se le dé, por ejemplo, las lámparas para proyección tienen una atmósfera de 100% de nitrógeno; y las lámparas para altas tensiones tienen una atmósfera de 50% de nitrógeno y 50% de argón.

Las lámparas incandescentes emiten únicamente un porcentaje pequeño de la energía total proveniente del filamento en la región visible. La mayor porción de la energía es infrarroja, con una cantidad muy pequeña producida en la región ultravioleta. En la figura 2.1 se muestra la distribución de energía espectral producida por una lámpara con filamento de tungsteno trabajando a 3000°K . Conforme aumenta la temperatura del filamento de tungsteno, la radiación en la región visible aumenta más rápidamente que en la región infrarroja.

Principales componentes de la lámpara

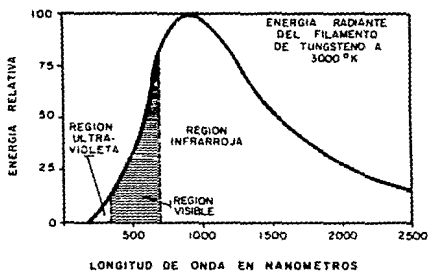
BOMBILLA.- Es una campana la cual es fabricada por varios tipos de vidrio, que dependen del tipo de lámpara y sus aplicaciones. El diámetro máximo del bulbo está dado en octavos de pulgada y la forma se representa con una letra o letras que suelen ser las iniciales en inglés de dicha forma.

Por ejemplo: S indica que es lado recto (straight side); F indica llama o flama (flame); G indica globular o redondo; T tubular, PS de cuello recto; PAR parabólico, R reflector, A es la designación arbitraria a los bulbos comúnmente usados para lámparas de servicio general de alumbrado de 200 watts o menos (ver figura 2.2).

El número en la designación del bombillo indica el diámetro máximo del mismo en octavos de pulgada; T-10, indica un bombillo tubular con diámetro de 10/8 de pulgada (31 mm).

Hay bombillos de interior esmerilado para difundir la luz, ésto se consigue con un ácido ligeramente corrosivo aplicado a la superficie interna del bulbo, también los hay con un recubrimiento de sílice blanco el cual produce una mayor difusión pero también se tiene una mayor pérdida de luz. Existen otros tipos de acabado, como por ejemplo el globo blanco y globo plateado, los cuales tienen como finalidad disminuir el deslumbramiento directo, en el caso del globo blanco tiene un revestimiento blanco translúcido y el globo plateado tiene un revestimiento opaco plateado aplicado a la superficie externa del globo. La superficie interna de este revestimiento es un reflector altamente especular, que no es afectado ni por el polvo ni por el deterioro y por ello mantiene su eficiencia a lo largo de la vida de la lámpara.

BASES Y CASQUILLOS.- Existen varios tipos de casquillos, los cuales se ilustran en la figura 2.2. Los casquillos que se usan para lámparas de alumbrado general son de tipo rosca media hasta 300 watts, para potencias superiores se usa una rosca de mogul. Las lámparas tipo decorativo o indicador tienen casquillos de rosca intermedia o de candelabro. La base es el medio por el cual el bulbo es conectado al portalámparas.



U. N. A. M.

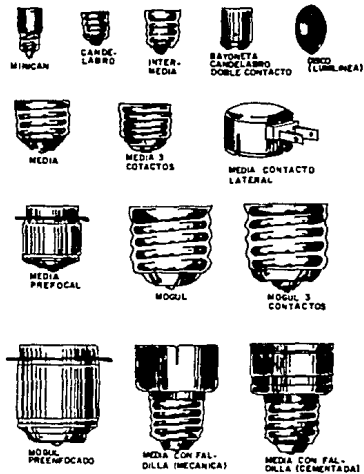
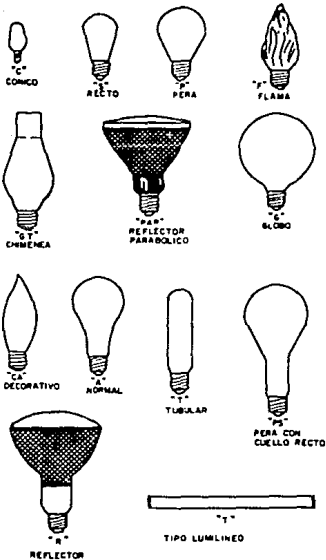
E. N. E. P. ARAGON

DISTRIBUCION DE ENERGIA ESPECTRAL PARA UNA LAMPARA DE 1000W. A 3000°K

TESIS PROFESIONAL
SAUL A. DE LA OCA GARCIA

MAYO / 1991

FIGURA No. 2-1



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
FORMAS DE BOMBILLOS Y BASES PARA LAMPARAS INCANDESCENTES	
TESIS PROFESIONAL	
SAIA A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 2-2

FILAMENTO.- Es el componente principal de la lámpara pues de él dependen las características de la vida de la lámpara, potencia de la lámpara, lumen por watt, etc.

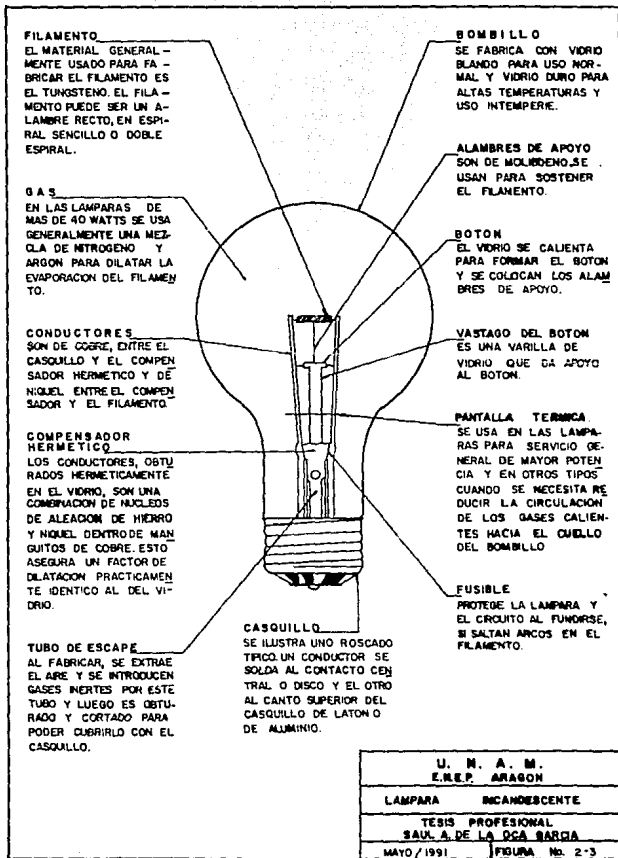
Se fabrican diferentes formas de filamentos y se designan por una letra o grupos de letras indicando si es recto o en espiral.

S: indica que se trata de un filamento recto; C: indica que el filamento es en espiral; CC: indica doble espiral y R: indica un hilo plano o en forma de cinta.

GAS DE RELLENO DEL BULBO.- El nitrógeno y el argón son los gases generalmente utilizados en la fabricación de las lámparas, pues estos gases quitan algo del calor del filamento como resultado de las pérdidas por conducción y convección que no existen en las lámparas al vacío. Cuando la superficie del filamento es mayor en proporción a su volumen o masa, mayor resulta ese efecto refrescante, hasta nulificar en algunos casos las ventajas producidas por dicho gas.

Para evitar que salte el arco entre los dos conductores de corriente es necesario agregar nitrógeno y su porcentaje en la mezcla de los gases es directamente proporcional a la lámpara. En algunas lámparas, principalmente en las diminutas, como las de los cascos de los mineros, donde se requiere la máxima eficiencia debido a la capacidad limitada de la fuente de energía, es agregado en pequeñas cantidades el kripton, un gas relativamente escaso y caro, que tiene un peso atómico superior al del argón o del nitrógeno, dando como resultado menor pérdida de energía por conducción y convección.

En las lámparas donde el enfriamiento es muy importante, como en ciertos tipos de lámparas de señales con flash, se utiliza el hidrógeno debido a su bajo peso atómico.



U. N. A. M. E.R.E.P. ARAGON	
LAMPARA	INCANDESCENTE
TESIS PROFESIONAL SAU. A. DE LA OCA BARRIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 2-3

Como se ve, en la actualidad hay muchos tipos de lámparas incandescentes y gran variedad de tamaños, formas y capacidades, teniendo un inmenso campo de utilización. Se fabrican en potencias desde 6 hasta 1,500 watts, y a pesar de que existen otros tipos de alumbrado, la lámpara incandescente continuará desempeñando un papel decisivo en el campo de la iluminación por ser la fuente más sencilla de iluminación eléctrica y además por tener ventajas como las siguientes:

- a) Ofrece una fuente de luz concentrada, fácil de dirigir exactamente hacia el sitio y objeto que se desea iluminar.
- b) Trabaja eficientemente cualquiera que sea la temperatura exterior.
- c) Enciende al instante, sin período de espera o equipo auxiliar de precalentamiento.
- d) Es adaptable, es decir, existiendo una enorme variedad de tipos y tamaños, encajan todos en un mismo socket.
- e) No distorsionan los colores en la mayor parte de las aplicaciones ópticas.
- f) De reposición fácil, cualquiera puede cambiar una lámpara.
- g) La alternación de encendidos y apagados no altera su vida, por eso se usa para señales y luces de destello.
- h) Permite la variación de la intensidad luminosa por medio de reóstatos o variando el voltaje.
- i) Enciende indistintamente con corriente alterna o directa.
- j) Fácil de instalar y conectar porque no es necesario ningún equipo adicional.
- k) El costo inicial de las lámparas y la instalación es bajo.

Lámparas de tungsteno-halógeno

La lámpara de tungsteno-halógeno es básicamente una lámpara incandescente en lo que concierne al tipo de luz pero tiene varias características que la hacen superior a la convencional de filamento. Tanto las lámparas regulares incandescentes como los de tungsteno-halógeno, están formadas por tres partes básicas:

- 1.- Un filamento de alambre de tungsteno con montadura adecuada.
- 2.- Un bombillo (bulbo) sellado, generalmente de cuarzo que contiene un gas inerte o vacío que protege al filamento de la oxidación.
- 3.- Una base que sirve de soporte mecánico y a la vez provee la conexión eléctrica.

Cuando la lámpara se conecta al circuito eléctrico, la corriente que pasa a través del filamento debe superar su resistencia y la energía consumida lo calienta hasta la incandescencia, produciendo el brillo.

Unas de las mayores ventajas de las lámparas de tungsteno-halógeno es que mantienen su rendimiento lumínico inicial durante toda su vida, duplican la duración de las lámparas incandescentes de igual potencia y son más compactas que las lámparas incandescentes convencionales, de potencia similar.

Originalmente las lámparas de tungsteno-halógeno se llamaron sencillamente de yodo-cuarzo al considerar los fabricantes que tal nombre describía mejor una lámpara que contiene yodo en un tubo de cuarzo. Cuando empezó a usarse bromo en lugar de yodo en algunas lámparas, se decidió usar la designación más amplia de tungsteno (indicando la composición del filamento) y halógeno (por la

clasificación general del elemento usado), en lugar de identificar cada halógeno específicamente.

Teoría de funcionamiento

Comúnmente, en la lámpara incandescente, las partículas de tungsteno que se evaporan del filamento son transportadas por corrientes de convección a las paredes relativamente frías del tubo, donde se acumulan formando un depósito negro. En temperaturas de cientos de grados centígrados, los átomos de tungsteno y el vapor del yodo se combinan formando yoduro de tungsteno. Este tipo de lámparas requiere de un tubo de cuarzo, de diámetro reducido, como bulbo, dado que se requiere una temperatura superior a los 2500°C para mantener un funcionamiento eficiente del ciclo regenerativo de halógeno. Considerando que el punto de fusión del cuarzo es 1650°C , resulta un material con las cualidades térmicas indicadas para el ciclo de halógeno.

Cuando el yoduro de tungsteno se forma en la vecindad de las paredes del bulbo, no se adhiere al tubo caliente, y vuelve a ser depositado por las corrientes de convección en el filamento, que tiene una temperatura superior a los 2500°C . Esta alta temperatura disocia el yoduro de tungsteno en tungsteno, el cual se deposita en el filamento liberando, a su vez, el vapor de yoduro que cicula de nuevo para continuar el ciclo regenerativo. El ciclo mantiene limpias las paredes del bulbo, resultando un mejor mantenimiento de lúmenes en comparación con la lámpara incandescente convencional.

FILAMENTO.- Los filamentos de las lámparas de tungsteno-halógeno tienen diferentes formas según los usos. Al igual que en las lámparas incandescentes convencionales, las distintas formas de filamentos se indican con una clave compuesta de dos partes: la primera indica que el filamento es en forma de espiral (C), doble espiral (CC). La segunda es un número arbitrario que identifica la forma del filamento. Un filamento CC-8 es un filamento en doble espiral de la forma 8 (ver figura 2.4).

BULBO.- A diferencia de las lámparas incandescentes que se fabrican en diferentes formas de bulbos, las de tungsteno-halógeno se fabrican únicamente en bulbo tubular y bulbo tipo PAR (reflector parabólico aluminizado). Las formas de los bulbos se identifican por medio de una letra o letras que describen la forma básica y número que se refiere al diámetro máximo del bulbo en octavos de pulgada. Por lo tanto, un bulbo T-4 es de la forma tubular con un diámetro máximo de 4/8 o 1/2 de pulgada (13 mm), ver figura 2.4.

BASES.- Las lámparas de tungsteno-halógeno se fabrican con gran variedad de bases. La mayoría de éstas también se usan en las lámparas incandescentes convencionales; pero otras, como la RSC (simple contacto embutido) son específicas de las lámparas de tungsteno-halógeno y de las infrarrojas de cuarzo.

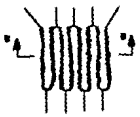
Las lámparas de tungsteno-halógeno son apropiadas para una infinidad de usos debido a sus características, las cuales son: excelente mantenimiento de lúmenes, alta temperatura de color, tamaño compacto y relativamente larga duración. Las lámparas de doble contacto permiten que los fabricantes diseñen luminarias que producen un haz bien definido en el plano vertical, con amplia distribución horizontal. El bulbo compacto de las lámparas de contacto sencillo, facilitan la manufactura de luminarias más compactas y ligeras que las fabricadas para lámparas incandescentes convencionales. El filamento corto permite un control exacto del haz, con



C-BARRA
CC-BARRA



SECCION
A-A

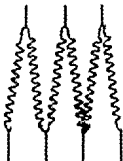


C-130

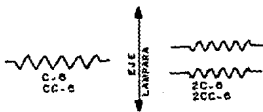
OOOO
OOOO
SECCION
B-B



C-2V
CC-2V



C-13
CC-13



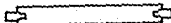
C-6
CC-6

EJE
LAMPARA

2C-6
2CC-6



PAR



T



Y



TB

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
FORMAS DE FILAMENTOS Y BULBOS EN LAMPARAS DE TUNGSTENO-HALGENO	
TESIS PROFESIONAL SAUL A DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 2-4

distribución amplia, media y concentrada. Los accesorios y la instalación cuestan menos porque no requieren balastos.

Las lámparas de tungsteno-halógeno rinden magníficos resultados para iluminación de fachadas, lotes de autos usados, iluminación en áreas deportivas.

LAMPARAS FLUORESCENTES.- Aún tomando en consideración todas las ventajas de las lámparas incandescentes, el hombre continuó investigando otros medios de iluminación eléctrica y alrededor de 1933 se dió a conocer el alumbrado fluorescente. En la actualidad esta clase de iluminación es usada para muchos propósitos y aunque en algunos aspectos no ofrece las ventajas de las lámparas incandescentes, en otros las supera considerablemente.

Una de las razones de la popularidad del alumbrado fluorescente, es que una parte muy considerable de la energía suministrada, la transforma en energía luminosa y otra parte, relativamente pequeña, se transforma en calor. Una lámpara incandescente de 40 watts emite aproximadamente 420 lúmenes mientras que una lámpara fluorescente también de 40 watts, emite 2750 lúmenes. Aún considerando la energía adicional para el equipo de control necesario en las lámparas fluorescentes, éstas emiten luz en un 90% más que las incandescentes. Entre otras ventajas de las lámparas fluorescentes se puede decir que produce los efectos que más se parecen a la luz del día con la máxima economía; que son las primeras lámparas que producen luz de diferentes colores con rendimiento razonable y que su extensa superficie, comparada con las incandescentes, permite obtener una gran cantidad de la luz de un foco sin que resulte demasiado brillante a la vista.

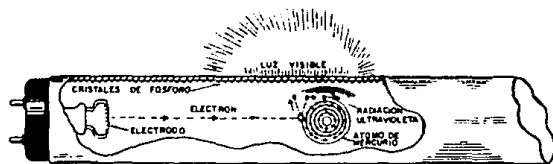
Esencialmente la lámpara es un bulbo tubular revestido de fósforo y evacuado que contiene una pequeña cantidad de mercurio y de gas inerte a baja presión, un electrodo especialmente tratado denominado "cátodo caliente", va sellado en

ambos extremos. En la figura 2.5 se muestra la forma en la que se genera la luz visible en una lámpara fluorescente de cátodo caliente.

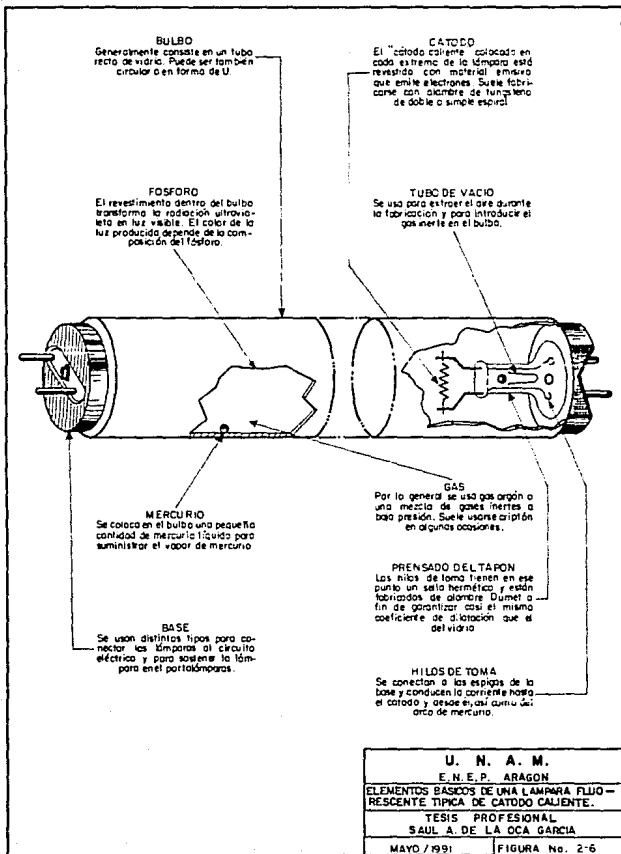
Al encenderse una lámpara fluorescente, el paso de la corriente eléctrica a través de los electrodos hace que éstos se calienten y liberen electrones del material emisor con el cual están revestidos. Además de los electrones liberados térmicamente, existen también electrones liberados por la diferencia de potencial entre los electrodos. Esos electrones viajan a altas velocidades de un electrodo hacia el otro, estableciendo una descarga eléctrica o arco a través del vapor de mercurio. El choque entre los electrones de rápido movimiento desde los electrodos y los átomos de mercurio desprenden los electrones de los átomos de mercurio de su órbita. Esos electrones desplazados casi inmediatamente retornan a su lugar normal, liberando, por lo tanto, la energía que han absorbido, principalmente en forma de radiación ultravioleta. La radiación ultravioleta es convertida en luz visible por el fósforo, el cual tiene la propiedad de absorber la energía ultravioleta y de volverla a irradiar a longitudes de onda que se puedan observar como luz. En otras palabras, el fósforo es excitado al punto de fluorescencia por la energía ultravioleta. El color de la luz producida depende de la composición química del revestimiento que va dentro del tubo.

Construcción de la lámpara

En la figura 2.6 se ilustran los componentes básicos de una lámpara típica fluorescente de cátodo caliente. Si bien existen muchos tamaños y diversas formas de lámparas fluorescentes, los tipos que más se usan tienen un bulbo tubular con un electrodo y una base en cada extremo. Además del mercurio, el bulbo contiene una pequeña cantidad de gas argón o de una mezcla de gases inertes y lleva un revestimiento de fósforo.



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
LAMPARA FLUORESCENTE	
GENERANDO LUZ VISIBLE	
TESIS PROFESIONAL	
SALA A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO /1991	FIGURA No. 2-5



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
ELEMENTOS BASICOS DE UNA LAMPARA FLUO-RESCENTE TIPICA DE CATHODO CALIENTE.	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 2-6

BULBOS.- La forma y tamaño del bulbo de una lámpara fluorescente se expresa mediante una clave que consiste en la letra "T" (designando la forma tubular del bulbo), seguida de un número que indica el diámetro del tubo en octavos de pulgada. El diámetro varía desde T-5 ($5/8" = 16 \text{ mm}$) a T-17 ($2 \ 1/8" = 54 \text{ mm}$), y la longitud de 152 hasta 2,438 mm.

FOSFOROS.- La longitud de onda o el color de la luz producida por una lámpara fluorescente depende de la composición química del fósforo utilizado en el revestimiento interno del tubo. Mediante la combinación en proporciones variantes de distintos fósforos, es posible producir una amplia variedad de colores. Los colores disponibles en la actualidad incluyen varias tonalidades de blanco, así como el azul, verde, dorado, rosa y rojo. Otras lámparas fluorescentes están diseñadas con fósforos que generan los colores de la luz que son más estimulantes al crecimiento de las plantas. Además, hay otras que tienen un fósforo conocido como 360BL el cual produce una radiación casi ultravioleta en la banda de luz negra para activar los materiales fluorescentes y fosforescentes.

Aproximadamente el 60% de la energía de entrada en una lámpara tipo blanco-frío se convierte directamente en radiación ultravioleta; un 38% se convierte en calor y el 2% en luz visible. El fósforo convierte alrededor del 21% de energía ultravioleta en luz visible, y el 39% restante en calor. La conversión del 23% de energía en luz visible para una lámpara fluorescente de 40 watts, es aproximadamente el doble del porcentaje de una lámpara incandescente de 300 watts, la cual convierte únicamente el 11% de la energía de entrada en luz visible.

ELECTRODOS.- El electrodo que va en cada uno de los extremos de las lámparas fluorescentes consiste generalmente en un alambre con revestimiento de tungsteno de doble o de triple enrollamiento espiral. Dicho revestimiento, por ser de un material emisor (bario, estroncio, óxido de calcio), emite electrones cuando se calienta a una temperatura de operación alrededor de 950°C . A esa temperatura,

los electrones se desprenden libremente con sólo una pequeña pérdida de potencia en cada uno de los cátodos. Este proceso se denomina "emisión termoiónica", ya que el calor es más responsable por la emisión de electrones que el voltaje. A un electrodo de este tipo se le llama "cátodo caliente" (o cátodo incandescente). Este tipo de cátodos reduce el voltaje de arranque necesario para establecer el arco.

BASES.- En la figura 2.7 se muestran las bases que usan las lámparas fluorescentes. Las lámparas Slimline (de arranque instantáneo) requieren dos contactos eléctricos solamente, uno en cada base de la lámpara y usan bases de una sola espiga. Para las lámparas de precalentamiento y arranque rápido, se necesitan cuatro contactos eléctricos, dos en cada extremo de la lámpara, ésto se logra usando una base con dos espigas en cada extremo. Existen tres tipos: miniatura de dos espigas para lámparas tipo T-5; mediana de dos espigas para lámparas T-8 y T-12; y mogul de dos espigas para los bulbos T-17.

Las lámparas fluorescentes de alta emisión lumínica y las de muy alta emisión lumínica, tienen bases embutidas de doble contacto. En las lámparas circulares, los cátodos van conectados a una base con 4 espigas ubicada entre la unión de los dos extremos de la lámpara.

Tipos de lámparas fluorescentes

LAMPARAS DE TIPO PRECALENTAMIENTO.- Las primeras lámparas fluorescentes que fueron presentadas en 1938, eran del tipo precalentamiento y funcionaban con arrancadores separados. El arrancador suministra durante varios segundos un flujo de corriente a través de los cátodos para precalentarlos, éste período es el que transcurre desde el encendido de la lámpara hasta que ésta emite luz. Los cátodos se precalientan para emitir electrones que ayudan a producir el

DE UNA ESPIGA



SLIMLINE T-6



SLIMLINE T-8



SLIMLINE T-12

DE DOS ESPIGAS



MINIATURA T-5



MEDIANA T-5



MEDIANA T-12



MOGUL T-17



EMBUDIDA DE
DOBLE CONTACTO
T-12



DE 4 ESPIGAS
(CIRCULAR)

U. N. A. M.

E. N. E. P. ARAGON

BASES PARA LAMPARAS FLUORESCENTES

TESIS PROFESIONAL
SAUL A. DE LA OCA GARCIA

MAYO/1991

FIGURA No. 2-7

arco a un voltaje más bajo. El arrancador es generalmente del tipo automático, el cual suministra corriente a los cátodos por un lapso suficiente para calentarlos y luego se abre automáticamente para detener el flujo de corriente y causar que se conecte al voltaje total con un pico de voltaje inductivo a través de los dos cátodos, generando así el arco. Todas las lámparas de precalentamiento tienen bases con doble espiga.

LAMPARAS SLIMLINE (DE ARRANQUE INSTANTANEO).- Estas lámparas hicieron su aparición en 1944. Su propósito principal era eliminar el arranque lento de las lámparas de precalentamiento. Las lámparas slimline trabajan sin necesidad de arrancadores ya que el balastro suministra un voltaje lo suficientemente alto como para producir el arco en forma instantánea, simplificando así el sistema de alambrado y de mantenimiento correctivo. Dado que los cátodos de las lámparas slimline no necesitan calentamiento previo, se requieren bases con una sola espiga en cada extremo de la lámpara.

LAMPARAS DE ARRANQUE RAPIDO.- Fueron lanzadas al mercado el año de 1952, arrancan con suavidad y rapidez sin necesidad de arrancadores. En realidad arrancan tan rápidamente como las lámparas slimline pero usando balastros más eficientes y más pequeños que los de éstas. Dependen del calentamiento del cátodo, suministrado por los devanados de calentamiento en el balastro para reducir el voltaje de arranque necesario por debajo del exigido por las lámparas slimline del mismo tamaño.

LAMPARAS DE ALTA EMISION Y ARRANQUE RAPIDO.- Las lámparas del tipo slimline, de precalentamiento y arranque rápido con bulbo T-12, trabajan generalmente a una densidad de 10 watts por pie con una corriente de 430 mA. Las lámparas de alta emisión (H.O.) para uso en interiores generalmente funcionan a 800 mA, con una carga de 14 watts por pie aproximadamente. A 800 mA, las lámparas suministran aproximadamente 45% más de lúmenes que las del tipo

slimline de igual tamaño. Para emplearlas a la intemperie, las lámparas de alta emisión trabajan casi siempre a 1000 mA para suministrar una alta emisión lumínica a temperaturas más frías.

LAMPARAS DE MUY ALTA EMISION Y ARRANQUE RAPIDO.- Estas lámparas trabajan a 1500 mA y aproximadamente a 25 watts por pie de longitud del bulbo. Cuando la corriente de las lámparas fluorescentes excede del nivel de 1 amper (1,000 mA), los watts por pie de la lámpara se vuelven muy elevados creando un problema de calentamiento que requiere mucho ingenio para su control. El calor resultante de 1,500 mA en un bulbo T-12, si se deja sin control, puede hacer que la temperatura de vapor de mercurio se incremente demasiado dando como resultado un aumento de presión la cual reducirá la eficacia de la lámpara. El funcionamiento más eficiente se obtiene con una presión de vapor de mercurio de 6 a 10 micrones (una millonésima de metro) aproximadamente, la cual es la presión de vapor de mercurio entre 40^o y 45^oC. Esta variación de temperatura se obtiene en lámparas de muy alta emisión (V.H.O.) empleando blindajes reflectores metálicos circulares montados entre los electrodos y los extremos de las lámparas.

Dichos blindajes interrumpen las corrientes de conexión en el gas calentado cerca de los cátodos con el objeto de obtener las temperaturas adecuadas en los extremos de las lámparas detrás de los cátodos, produciendo un centro de control de presión.

Las lámparas de muy alta emisión tienen bases embutidas, de doble contacto y varían en potencia desde 110 hasta 215 watts y en longitud desde 48" (1219 mm) hasta 96" (2438 mm).

EFICACIA.- Una de las ventajas más importantes de las lámparas fluorescentes es su alta eficacia. Las lámparas convencionales de dos espigas tienen eficacias que varían entre 24 y 81 lúmenes por watt; las lámparas slimline fluctúan entre 48 y 84; las de alta emisión lumínica entre 40 y 84; las de muy alta emisión lumínica entre

45 y 75 lúmenes por watt, todo esto sin incluir las pérdidas en el balastro y dependiendo del tamaño y color del bulbo.

EQUIPOS AUXILIARES.- Las lámparas fluorescentes, como todas las lámparas de descarga, deben trabajar con la ayuda de un accesorio llamado reactor o balastro, cuya función es limitar la corriente y a la vez suministrar el voltaje de arranque necesario. A medida que la corriente en el arco aumenta, la resistencia del mismo disminuye, en esta forma, el arco en una lámpara fluorescente "se escaparía por sí mismo" y consumiría tanta corriente que podría destruir la lámpara si no estuviera limitada. La función más importante de un balastro es limitar la corriente, por medio de una bobina de reactancia, de un capacitor o resistor, siendo en la mayoría de los casos un dispositivo inductivo, como una bobina de reactancia o un autotransformador para regular la corriente. Suele utilizarse también la combinación de una bobina inductiva y un capacitor.

Todas las lámparas fluorescentes requieren un balastro que esté diseñado especialmente para sus características eléctricas, el tipo de circuito en el que va a trabajar, el voltaje y frecuencia de la fuente de alimentación.

Los tres tipos generales de circuitos de funcionamiento para lámparas fluorescentes son: de precalentamiento, de arranque instantáneo y de arranque rápido.

CIRCUITOS DE PRECALENTAMIENTO.- El tipo de reactor para circuitos de precalentamiento sirve para tres funciones importantes:

- 1.- Precalienta los electrodos con el objeto de obtener un suministro bueno de electrones libres.
- 2.- Provee una onda de potencial alto para establecer el arco.

3.- Limita la corriente del arco a crecer más allá de los límites establecidos para un tamaño particular de lámparas.

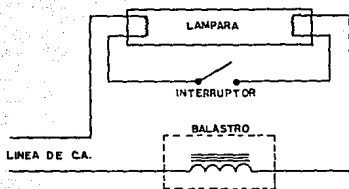
Este tipo de reactor se emplea como simple reactor o como reactor más autotransformador. Cuando el voltaje requerido para el arranque no es mayor que el voltaje suministrado, el aparato trabaja como simple reactor que exclusivamente limita el flujo de corriente. Cuando el voltaje suministrado no es suficiente para establecer el arco, el aparato trabaja como autotransformador elevador para proveer el potencial necesario de arranque, y como reactor para limitar la corriente.

En la figura 2.8.a se muestra un circuito simple del tipo precalentamiento. Cuando el interruptor se cierra, se completa el circuito y la corriente fluye por los cátodos en los extremos de la lámpara. Después de un tiempo de precalentamiento (aproximadamente un segundo), se abre el circuito. Este último aplica un impulso de voltaje a través de la lámpara y causa que el arco se establezca entre los cátodos.

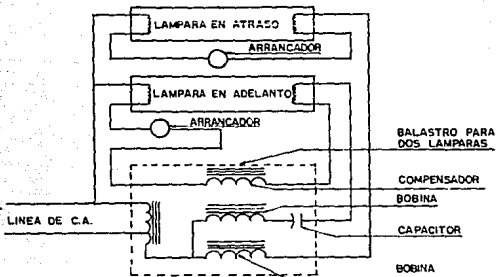
Generalmente el interruptor es automático y se denomina arrancador, de éste se hablará más adelante.

El circuito para dos lámparas es del tipo llamado adelanto-atraso y se muestra en la figura 2.8.b.

Este balastro tiene una reactancia conectada en serie con él mismo, la cual hace que la corriente se atrase. La otra lámpara funciona con una bobina de reactancia y un condensador, proporcionándole a la lámpara una corriente en adelanto. Este tipo de balastro proporciona un alto factor de potencia (sobre 90%). Puesto que las lámparas funcionan fuera de fase entre sí, las variaciones en la emisión luminosa no ocurren simultáneamente, con lo cual se reduce el efecto estroboscópico.



81.- CIRCUITO SIMPLE DE PRECALENTAMIENTO



82.- CIRCUITO DE UN BALASTRO PARA DOS LAMPARAS DE PRECALENTAMIENTO EN ADELANTO-ATRASO

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
CIRCUITOS DE PRECALENTAMIENTO	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1951	FIGURA No. 2-8

ARRANCADORES.- El tipo de lámpara de precalentamiento requiere de un circuito de arranque temporal a través de los electrodos para calentarlos y después abrir el arco para hacer arrancar la lámpara. Si el arco no se forma, el arrancador continúa en su intento hasta hacer arrancar la lámpara. Los interruptores automáticos de arranque pueden ser de tipo térmico o el llamado interruptor lumínico, siendo éste el más común.

El arrancador tipo interruptor lumínico consta de dos electrodos, uno de los cuales es una pequeña tira bimetálica, encerrados en una pequeña cápsula de vidrio llena de gas inerte.

Cuando es aplicado el voltaje a las terminales, una pequeña corriente fluye a través del circuito como resultado de una pequeña descarga lumínica entre los dos electrodos. El efecto de calentamiento de la corriente expande el elemento bimetálico y provoca que se toquen los electrodos. El cierre del interruptor detiene la descarga lumínica y permite el paso de una corriente mayor para precalentar los electrodos de la lámpara durante el período en el que hay suficiente calor acumulado para mantener el interruptor cerrado. Cuando el elemento bimetálico se enfría, el interruptor se abre y el alto voltaje hace que la lámpara se encienda y se establezca la operación normal de la misma. En caso de que no se establezca el arco, el ciclo se repite nuevamente.

El interruptor convencional consiste en el pequeño interruptor lumínico más un pequeño capacitor que sirve para eliminar interferencias de radio, ambas están encerradas en un pequeño recipiente cilíndrico que se inserta en un enchufe de bayoneta de doble espiga, ver figura 2.9.a.

El arrancador térmico consiste en las siguientes partes básicas: un calentador, un material bimetálico que puede hacer contacto con las terminales 1 ó 2 indistintamente, y un pequeño capacitor para eliminar las interferencias de radio.

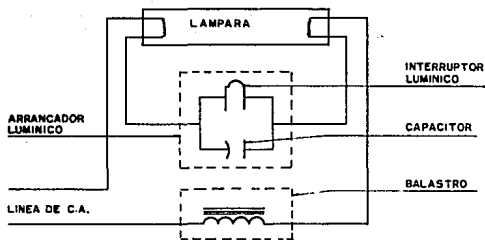
Al cambiar la temperatura del elemento bimetálico hará que éste se mueva ya sea al pasar una corriente por él o al ser afectado por el calentador. El calor hace mover al arrancador térmico a la posición de abierto, haciendo que la lámpara arranque. Ya con la lámpara operando normalmente, una pequeña cantidad de corriente continúa pasando por el calentador, pero la energía consumida es de sólo un watt. Los arrancadores tipo térmico se recomiendan para funcionamiento con corriente continua y para arranque con baja temperatura. Ver figura 2.9.b.

CIRCUITO DE ARRANQUE INSTANTANEO.- En un circuito de este tipo las lámparas arrancan con la ayuda de una tensión inicial elevada aplicada entre sus electrodos, del orden de 400 a 1000 volts, la cual forma el arco sin necesidad de calentamiento previo de los cátodos. Debido a que no se necesita circuito de precalentamiento, las lámparas Slimline (de arranque instantáneo) llevan una base con una sola espiga en cada extremo.

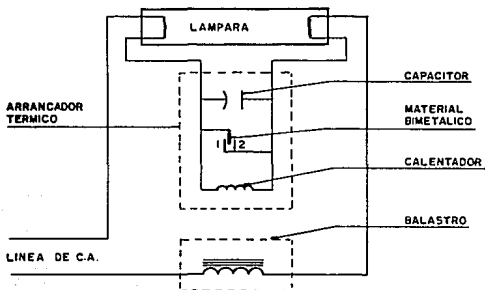
Con este tipo de lámparas se usa un circuito de seguridad para evitar el peligro de un choque eléctrico. La espiga de la base actúa como si fuera un interruptor para desconectar el circuito del balastro al quitar la lámpara, como se muestra en la figura 2.10.a.

Para colocar una lámpara en el portalámparas, hay que empujarla primero en el resorte del portalámparas en el extremo de alto voltaje insertándola después en el portalámparas rígido de bajo voltaje.

En la figura 2.10.b. se muestra el circuito secuencia-serie de encendido para dos lámparas de arranque instantáneo, la primera lámpara arranca por la tensión suministrada por el arrollamiento auxiliar. La corriente que resulta pasa a través del condensador, modificando la relación de fase entre los arrollamientos auxiliar y secundario, de tal manera que se suman las dos tensiones. La tensión resultante es suficiente para hacer arrancar la segunda lámpara.



81- LAMPARA CON ARRANCADOR LUMINICO.



82- LAMPARA CON ARRANCADOR TERMICO.

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
ARRANCADORES PARA LAMPARAS TIPO PRECALENTAMIENTO	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 2-9

Los reactores de arranque instantáneo tienen únicamente dos funciones: proveer el alto voltaje para el encendido de la lámpara y limitar la corriente del arco. Debido a los altos voltajes envueltos en el caso, estos reactores son de mayor tamaño que los del tipo precalentamiento y sus pérdidas son también mayores. El sistema Slimline es muy popular en la actualidad y el sistema de precalentamiento ya poco se usa por la desventaja del arrancador.

CIRCUITOS DE ARRANQUE RAPIDO.- Las lámparas de arranque rápido poseen cátodos menores de baja tensión que son precalentados por el reactor, eliminándose también la necesidad de un arrancador; dichos cátodos son precalentados por medio de devanados interconstruídos que continúan proveyendo corriente a la lámpara después de su encendido. El continuo calentamiento de los electrones permite el arranque de estas lámparas a menor tensión que la requerida para encender las de arranque instantáneo. Las lámparas de arranque rápido alcanzan en dos segundos su máxima brillantez.

Estas lámparas operan bajo el principio de utilizar un voltaje de arranque que es insuficiente cuando los cátodos están fríos, pero suficiente para encender las lámparas cuando los cátodos han sido calentados hasta la temperatura de emisión. Este rango de voltajes, cuyos extremos permiten el arranque en frío o en caliente, es muy estrecho, y debe controlarse cuidadosamente para prevenir el encendido de la lámpara con los cátodos fríos (lo que la destruye) o evitar que no encienda.

Para poder trabajar dentro de este rango de voltajes, es necesario excitar el gas que hay dentro de las lámparas con la ayuda de un voltaje externo que se les aplica para lograr su ionización. Esta excitación externa se crea por medio de una capacitancia que se produce entre la lámpara y el reflector o canal metálico sobre el cual está montada. Este reflector o canal, para resultar efectivo, debe estar conectado a la tierra de la línea de alimentación.

También resulta de importancia la condición en la que se encuentra el tubo fluorescente. La carga creada en el vidrio de la lámpara por medio de la capacitancia debe permanecer ahí para poder excitar los átomos del gas. Si el vidrio está húmedo o sucio, la carga se fuga y el calor efectivo del voltaje creado es pequeño. Existe una resistencia crítica entre la extremadamente alta y la extremadamente pequeña en que la lámpara no funciona correctamente; ésto se produce debido a la presencia de humedad o suciedad. Para mantener la resistencia de la lámpara extremadamente alta, se suele recubrir con una capa de silicio. El efecto de esta capa es condensar la humedad en forma de gotas y evitar la creación de una capa continua. El polvo puede llegar a nulificar la acción de la película de silicio, por lo tanto, las lámparas deben mantenerse secas y limpias.

El reflector de metal que se utiliza para crear la excitación de los átomos de gas de la lámpara, debe colocarse a una distancia máxima de ésta igual a 25 mm., también debe tener un ancho mínimo de 25 mm., conectado a la tierra de la instalación.

El reactor contiene una resistencia de dos Megaohms que puede servir como una conexión auxiliar a tierra, pero su efectividad es mucho menor que la del reflector metálico conectado a la tierra de la instalación eléctrica.

Es muy importante que las lámparas estén conectadas en forma efectiva a los "sockets", de no ser así, los filamentos no se calentarán y las lámparas no encenderán, o lo harán con los cátodos fríos (como lo hacen las lámparas de encendido instantáneo, ambas situaciones resultan indeseables.

Cuando el extremo de una lámpara se haya oscurecido anormalmente, la causa puede ser una conexión defectuosa en el socket, esta lámpara deberá reemplazarse inmediatamente para evitar el deterioro del reactor.

No deberán conectarse reactores de este tipo en sistemas que no provean una tierra efectiva.

Los balastos dobles de encendido rápido son del tipo secuencia-serie, en donde las lámparas arrancan una después de la otra y funcionan en serie cuando alcanzan el régimen.

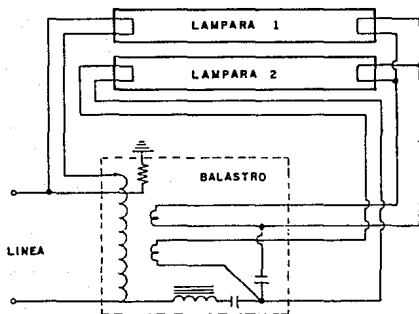
Tan pronto como la corriente de calentamiento establece una ionización suficiente para que la tensión disponible de circuito abierto haga saltar el arco, se produce el encendido en tres fases:

- 1.- Se aplica la tensión total de circuito abierto a la primera lámpara, iniciándose el arco en ésta.
- 2.- La corriente que circula por la primera lámpara está limitada por una impedancia en paralelo con la otra lámpara. La tensión en bornes de esta impedancia en paralelo inicia el arco en la lámpara número 2.
- 3.- Las dos lámparas se alimentan con corrientes cada vez mayores a medida que la impedancia de la lámpara decrece, hasta llegar al funcionamiento estable de cátodo caliente a la intensidad de régimen. (Ver figura 2.11).

LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.- La lámpara de vapor de mercurio pertenece a la clasificación de lámparas de descarga de alta intensidad lumínica (High Intensity Discharge). En este tipo de lámparas, la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de un gas o vapor a baja presión.

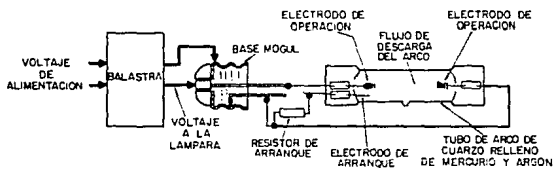
El circuito eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio típica se muestra en la figura 2.12 así como sus partes básicas. Se construyen a base de dos bulbos, uno exterior, a manera de "cubierta", y otro interior, que es el "tubo de arco".

(Fig. 2.11)

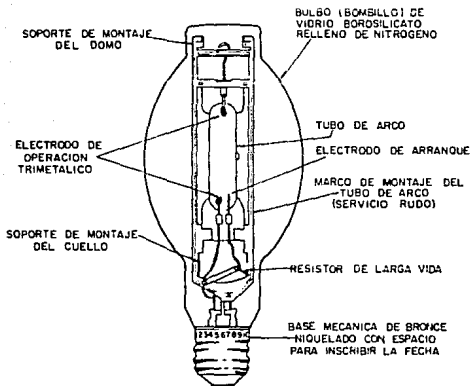


CIRCUITO SERIE-SECUENCIA PARA DOS
LAMPARAS DE ARRANQUE RAPIDO

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
CIRCUITO PARA LAMPARAS DE ARRANQUE RAPIDO	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 2-11



c) CIRCUITO DE UNA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO



d) PARTES BASICAS DE LA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO

U. N. A. M.	
E.N.E.P. ARAGON	
LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 2-12

El tubo de arco, fabricado de cuarzo, contiene el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón.

El bulbo exterior, lleno de nitrógeno, sirve para proteger el tubo de arco contra el deterioro y la corrosión atmosférica. También regula la temperatura de funcionamiento del tubo de arco y actúa como filtro para absorber la radiación ultravioleta.

Las lámparas de vapor de mercurio están dotadas de un marco de montaje para el tubo de arco, construido de una sola pieza (uso rudo). El tubo de arco se encuentra firmemente sostenido y colocado correctamente por medio de soportes de resorte espaciadores. La construcción de los electrodos de operación es trimetálica, lo cual garantiza una alta emisión de electrones y un óptimo mantenimiento lumínico. El electrodo consta de un vástago de tungsteno que sirve de base a una bobina de tungsteno enrollada, que contiene (entre su devanado) un compuesto emisor de óxidos trimetálicos.

El bulbo exterior, fabricado de vidrio borosilicato (duro) con base mecánica de bronce niquelado, ofrece la facilidad de poder grabar la fecha en que se instaló la lámpara. En algunas lámparas de vapor de mercurio, la superficie interna del bulbo externo lleva un revestimiento de fósforo, a fin de mejorar el color, convirtiendo gran parte de la energía ultravioleta irradiada por el arco, en luz visible, predominantemente en la región roja del espectro.

TEORIA DE FUNCIONAMIENTO.- Cuando se conecta el interruptor de la línea de alimentación, el voltaje de arranque del balastro es aplicado a través del espacio existente entre los electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco y también a través del pequeño espacio entre el electrodo de operación y el electrodo de arranque. Esto ioniza el gas argón en el espacio entre el electrodo de operación y el electrodo de arranque; pero la corriente es limitada a un valor

pequeño, debido al resistor de arranque. Cuando hay suficiente argón ionizado y vapor de mercurio distribuidos a lo largo del tubo de arco, se establece una descarga a través de los electrodos de operación. Esto vaporiza más el mercurio, calentándose rápidamente la lámpara hasta alcanzar una condición estable. Después de formarse el arco principal, el resistor de arranque provoca que el potencial, a través del espacio de encendido, se mantenga muy bajo para mantener esta descarga, estableciéndose el flujo de descarga entre los electrodos de operación.

Los iones y electrones que componen el flujo de la corriente (o descarga del arco), se ponen en movimiento a velocidades fantásticas a lo largo del trayecto existente entre los dos electrodos de operación. El impacto producido por los iones y los electrones que viajan a gran velocidad por el gas o vapor circundante, cambian ligeramente su estructura atómica. La luz se produce de la energía emitida por los átomos afectados, a medida que vuelven nuevamente a su estructura normal.

La lámpara alcanza su nivel de operación pleno cuando ha llegado a su temperatura de trabajo, la cual es bastante alta. Típicamente, las temperaturas máximas que se alcanzan en operación normal son:

Base	175 ⁰ C
Bulbo exterior	350 ⁰ C
Tubo de arco	700 ⁰ C
Electrodos	2200 ⁰ C
Arco de mercurio	6000 ⁰ C

Estas temperaturas son las máximas permisibles y es importante que no sobrepasen dichos valores, pues de no ser así se pueden dañar los bulbos exterior e interior resultando una menor eficiencia o falla de la lámpara en un tiempo muy corto. Es por eso que el diseño de las luminarias y reflectores que usan esta clase de lámparas debe proveer buena ventilación a la unidad para que no se concentre el calor.

CANTIDAD DE LUZ.- La cantidad de luz que emiten estas lámparas varía de 33.5 a 60.5 lúmenes por watt dependiendo del tipo de lámpara. Como en todas las fuentes luminosas, la cantidad de luz emitida por la lámpara de vapor de mercurio decrece con respecto al tiempo. Mucho se debe al enorme ennegrecimiento del tubo interior debido a la acumulación gradual, en las paredes de éste, de átomos del material de los electrodos, desprendidos por la operación de los mismos. Debido a esta declinación paulatina de emisión de luz, muchos fabricantes de estas lámparas han convenido en proporcionar su información con dos clases de datos: lúmenes iniciales y lúmenes promedio.

LUMENES INICIALES.- Se refieren a los lúmenes totales producidos por cada tipo de lámpara después de 100 horas de operación. Este dato se debe a que al transcurrir las primeras 100 horas de encendido, la lámpara emite 5% menos lúmenes que recién instalada. Después de las primeras 100 horas, la disminución es menos pronunciada.

LUMENES PROMEDIO.- Se refiere al promedio de lúmenes emitidos por la lámpara a través de su vida nominal, que en muchas ocasiones es de 24000 horas. Como este valor toma en cuenta la disminución gradual a través de la vida de la lámpara, es menor que el valor de lúmenes iniciales.

CARACTERISTICAS DE COLOR.- Corregir el color de la luz mercurial para reflejar los colores más adecuadamente ha sido uno de los esfuerzos en los nuevos tipos de lámparas. La lámpara de vapor de mercurio provee una excelente

visibilidad, pero altera la apariencia de los colores. Se ha notado que cuando se observan colores como el rojo y el anaranjado, parecen negro o café y los verdes y amarillos parecen más intensos. La razón para estos cambios se debe al tipo particular de la luz producida por el átomo de mercurio vaporizado. Para remediar este inconveniente, se han desarrollado las lámparas de color corregido y blanco de luz las cuales se logran con un recubrimiento de fósforo, el cual absorbe parte de las radiaciones no visibles del arco y a su vez emite luz de longitud de onda (color) diferente.

LINEA ESPECTRAL DEL MERCURIO.- Al alcanzar el arco la temperatura de trabajo, se llega al punto estable en las características eléctricas del mismo: densidad de corriente, diferencia de potencial, resistencia equivalente y energía disipada. También los fenómenos de conversión de energía se estabilizan. Ionización del argón y el mercurio, excitación del mercurio, radiaciones de energía en las longitudes de onda características del mercurio. De estas radiaciones, alrededor de un 25% quedan dentro de los límites del espectro visible y corresponde a las longitudes de onda de 4047, 4358, 5461 y 5780Å⁰.

De las cuatro radiaciones anteriores, la primera se localiza en el extremo violeta del espectro visible, región donde el ojo humano tiene una sensibilidad sumamente baja, por lo que el beneficio de esta radiación en términos de luz visible, es prácticamente nulo. La segunda línea cae en el azul, cerca del violeta, con un beneficio ligeramente superior que la primera. La tercera y cuarta líneas de radiación se localizan en las regiones verde y amarilla, donde el ojo tiene su máxima sensibilidad. Casi la totalidad del beneficio lumínico proviene de estas dos radiaciones. En las regiones intermedias de estos valores, la lámpara de mercurio no corregida no emite luz, o sea, ni anaranjada ni roja, etc., por lo que al incidir la luz en una superficie roja o anaranjada, o en cualquier otro color del cual no produzca luz, el color con el que se ve es alterado, es decir, los rayos reflejados que inciden en el ojo, son de un color distinto al real, en cambio, si observamos la curva

para la lámpara incandescente (figura 2.13), vemos que ésta radía en todas las longitudes de onda. Por el hecho de que la lámpara de mercurio radía únicamente en cuatro longitudes de onda, su curva se representa en forma de barras. La altura y espesor de la barra indica la cantidad de energía relativa que la lámpara radía en esa longitud de onda particular. Como se muestra en la figura 2.13, esta lámpara radía menos energía en la región violeta, más en las regiones azul y amarilla y la máxima energía en el verde.

Las lámparas bactericidas tienen arcos de mercurio trabajando a presiones muy bajas en donde la mayor parte de la energía radiada está en la región ultravioleta (2537Å^0), la más eficaz para la destrucción de microorganismos. Las lámparas de sol producen vitamina D con radiaciones ultravioletas centradas alrededor de los 2967Å^0 ; estas lámparas tienen bulbos de un cristal (VYCOR) que transmite estas longitudes de onda, pero intercepta las longitudes de onda extremadamente cortas de los rayos ultravioleta que no se encuentran en la luz solar natural.

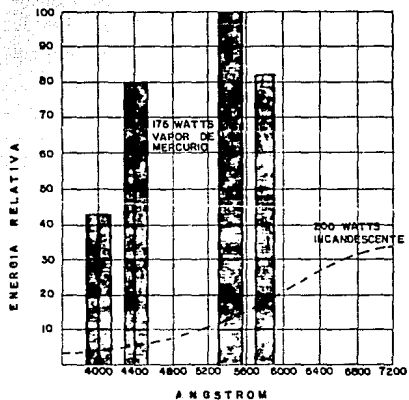
Aplicaciones

40-100 Watts (base media, bulbos tipo A-23, B-21).

Estos tipos son del mismo tamaño que una lámpara incandescente de 150 watts, producen hasta dos veces y media más luz que éstas. Resultan ideales para la iluminación de patios, instalaciones para remolques, áreas de estacionamiento y entradas de edificios y usos residenciales.

100, 175 y 250 watts (base mogul, bulbos BT-25 y BT-28).

Se usa en locales con baja altura de montaje, zonas residenciales e industriales y en calles secundarias.



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAOON	
LINEA ESPECTRAL LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO E INCANDESCENTE	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 2-13

400 watts (base mogul, bulbo BT-37).

Es la lámpara más conocida de este tipo. Se usa comúnmente para el alumbrado de calles en zonas comerciales y áreas intermedias; iluminación industrial para locales de amplia o mediana altura de montaje y para iluminar áreas de estacionamiento.

700 y 1000 watts (base mogul, bulbos tipo BT-46 y BT-56).

La lámpara de 1000 watts se usa con mayor frecuencia que la de 700 watts. Se aplica para iluminación de avenidas de mucho tráfico, locales industriales cuya altura de montaje es muy elevada y para iluminación de áreas de estacionamiento.

BALASTRO.- Como en el caso de las lámparas fluorescentes, todas las lámparas de descarga de alta intensidad necesitan de un balastro el cual cumple con tres importantes funciones, que son:

- a) Arranque
- b) Control y regulación
- c) Desconexión del circuito

a) Arranque:

La función de arranque de una lámpara de descarga de alta intensidad (H.I.D.) se logra por el balastro, debido a que éste proporciona un voltaje de circuito abierto suficientemente alto a través de la lámpara, el cual ioniza los gases en la lámpara, inicia una descarga y sostiene el alto voltaje requerido por la lámpara durante el calentamiento.

b) Control y regulación:

No existe una resistencia o impedancia inherente en el arco de la descarga de una lámpara. Una vez arrancada la lámpara, la corriente de la misma continuará aumentando hasta que la lámpara se destruya por sí misma. Este fenómeno es conocido como "*resistencia negativa*".

Para controlar el flujo de corriente a través del tubo de arco, se requiere de una impedancia externa para limitar y controlar la corriente. El control en este caso es llamado balastro o reactor. Una característica importante de un balastro es su "*resistencia positiva*" o impedancia característica, tal que, a mayor flujo de corriente, presenta una mayor impedancia para controlar la corriente y regularla a sus valores especificados.

c) Desconexión del circuito:

En ciertos momentos, cuando un circuito de iluminación está operando mal, es deseable desconectar el balastro del circuito. El problema podría ser causado por:

- 1) La lámpara
- 2) El balastro
- 3) El luminario
- 4) El circuito en sí

Existen diferentes tipos de balastros para lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.), diferentes voltajes de alimentación, diferentes voltajes de salida a la lámpara, diferentes corrientes y potencias dependiendo del sistema. Cada tipo de lámpara de descarga tiene sus propios requerimientos en cuanto a características

de balastro, tales como: forma de onda, regulación de voltaje, corriente y requerimientos de arranque.

También las restricciones físicas, mecánicas y la limitación de la temperatura en los luminarios, influyen en los diferentes diseños de balastos.

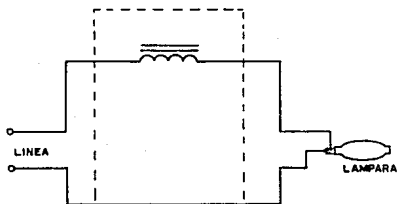
BALASTRO TIPO REACTOR O EN ATRASO.- Es el más simple de los balastos para lámparas de descarga de alta intensidad, se usa en donde el voltaje de línea es mayor que el voltaje de arranque requerido por la lámpara. Por ejemplo, donde el voltaje de alimentación disponible es de 220 volts, el balastro tipo reactor se puede usar para operar una lámpara de vapor de mercurio de baja potencia, la cual requiere solamente 200 volts en el arranque.

Las desventajas de este balastro son:

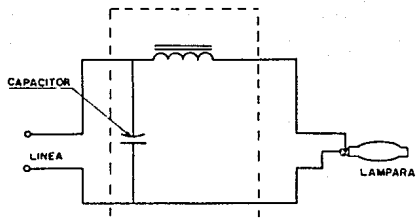
- a) Bajo factor de potencia
- b) La corriente de arranque de la lámpara, es mayor que la corriente de operación, lo cual requiere de un calibre mayor del conductor, al igual que una sobreprotección.
- c) Pobre regulación cuando varía el voltaje de alimentación. Un cambio del 5% en la línea de alimentación causará una variación en la potencia de la lámpara del 10 al 12%.

Cuando la regulación en la producción lumínica es crítica, no se debe usar este tipo de balastro (ver figura 2.14.a).

BALASTRO TIPO REACTOR DE ALTO FACTOR DE POTENCIA.- Un balastro tipo reactor (factor de potencia de 0.5), puede convertirse en alto factor



a1.- BALASTRO TIPO REACTOR
BAJO FACTOR DE POTENCIA.



b1.- BALASTRO TIPO REACTOR
ALTO FACTOR DE POTENCIA.

U. N. A. M.	
E. M. E. P. ARAGON	
BALASTROS TIPO REACTOR	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 2-14

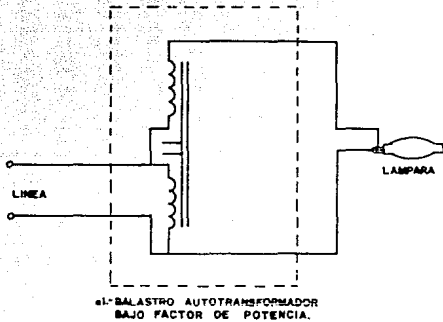
de potencia agregándole un capacitor en paralelo con la línea de alimentación al balastro, con lo cual se obtiene un factor de potencia mayor a 0.9.

En igual forma, el balastro tipo reactor alto factor de potencia, puede usarse sólo cuando el voltaje de línea es mayor que el voltaje de arranque requerido por la lámpara (ver figura 2.14.b).

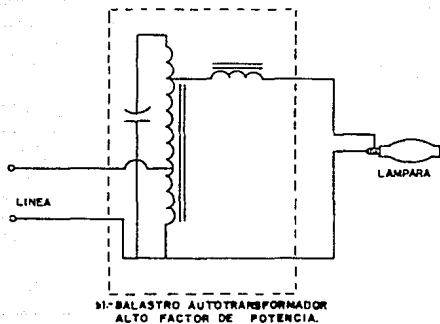
BALASTRO TIPO AUTOTRANSFORMADOR.- Cuando el voltaje de arranque de la lámpara es mayor que el voltaje de línea, se requiere de un autotransformador que eleve el voltaje. El alto voltaje puede entonces utilizarse con un balastro tipo reactor para proporcionar suficiente voltaje de arranque, permitiendo arrancar y operar la lámpara normalmente. Este balastro se llama autotransformador de alta reactancia (HRA) o simplemente balastro tipo autotransformador, se fabrica en bajo y alto factor de potencia (ver figura 2.15). Sus características principales son una baja regulación y una alta corriente de arranque. Al existir una reducción del 20% en el voltaje de alimentación, se apaga la lámpara.

BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (C.W.A.).- En aplicaciones donde la variación del voltaje de línea es normal, pero la producción lumínica debe ser estable, se debe emplear el autotransformador de potencia constante, este es un balastro regulado que tiene alto factor de potencia y una corriente de arranque menor que la corriente de operación a diferencia de los tipos indicados anteriormente. Se pueden tolerar variaciones mayores en el voltaje de alimentación antes que se extinga la lámpara, ya que este tipo de balastro mantiene el voltaje de operación de la lámpara.

Una diferencia básica entre el balastro tipo C.W.A. y el autotransformador de alta reactancia es que en el balastro tipo C.W.A. el capacitor se encuentra en serie con la lámpara, en lugar de en paralelo con la línea de alimentación. El capacitor en serie viene a ser el elemento controlador principal del balastro, mientras que en el



el-BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR
BAJO FACTOR DE POTENCIA.



BI-BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR
ALTO FACTOR DE POTENCIA.

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
BALASTROS TIPO AUTOTRANSFORMADOR	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 2-15

balastro tipo reactancia el elemento controlador es la inductancia del balastro. Cuando el principal elemento controlador de un balastro es un capacitor, el balastro se llama "Tipo en adelanto". Si por el contrario, el elemento controlador es inductivo, (balastro tipo reactor) es del tipo en atraso. En ambos tipos de balastro la característica es que el factor de potencia es atrasado. El capacitor para corrección del factor de potencia en los circuitos de tipo reactor, no tiene una función en el control de la lámpara. Algunas veces, el balastro tipo autotransformador de potencia constante es llamado balastro autorregulador o balastro estabilizador.

En el balastro tipo C.W.A., una variación en el voltaje de línea del 10% reflejará un cambio en la potencia de la lámpara de solamente 6 u 8%. Normalmente la regulación es bastante buena. Se soportan caídas de voltaje de hasta el 50% en períodos de poca duración (segundos). (Ver figura 2.16.a).

BALASTRO DE POTENCIA CONSTANTE (C.W.).- Cuando se requiere una excelente estabilización de la emisión luminosa que no se puede lograr utilizando balastros tipo autotransformador de potencia constante (C.W.A.), se utiliza el balastro tipo potencia constante.

La construcción del balastro C.W. es similar a un transformador de aislamiento, o sea que no existe una conexión entre los embobinados primario y secundario del balastro, lo cual lo hace más seguro y por esta razón se usa ampliamente en instalaciones de alumbrado público.

Las ventajas de este balastro son:

- 1) Mejora el control de la emisión luminosa de la lámpara con variaciones mayores en el voltaje de alimentación.

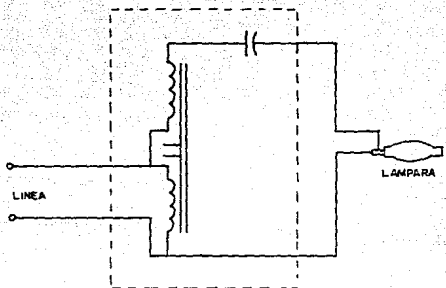
- 2) Alto factor de potencia.
- 3) Voltaje de extinción menor.
- 4) Menor corriente de arranque.
- 5) Aislamiento del circuito de lámpara y el circuito de línea.

En el balastro tipo C.W. una variación de voltaje de línea del 13% causará un cambio en la potencia de lámpara de solamente el 3%, las caídas momentáneas en el voltaje de alimentación son toleradas de igual manera que en el circuito del balastro tipo C.W.A.

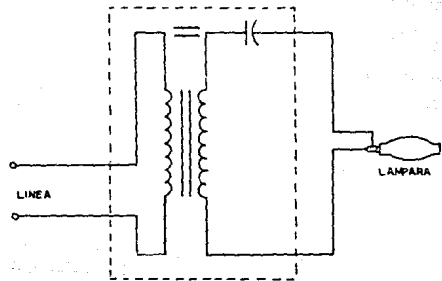
Estos balastros causan un alto costo inicial, dimensiones y peso ligeramente mayores. Los balastros tipo C.W. se conocen también como reguladores o estabilizadores (ver figura 2.16.b).

BALASTROS ESPECIALES.- Existen balastros para dos lámparas cuando se desea el uso de dos lámparas de vapor de mercurio o dos lámparas de cualquier otro tipo de descarga de alta intensidad. Los balastros disponibles en el mercado para dos lámparas son:

- a) Balastro atraso-adelanto para dos lámparas.
 - b) Balastro en serie para dos lámparas.
-
- a) Balastro atraso-adelanto para dos lámparas.- En este diseño, una lámpara trabaja en serie con un reactor o inductancia. Este es el lado en "atraso" del balastro y es similar a un balastro tipo reactor normal del cual se habló anteriormente.



1°-BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (C.W.A.)



2°-BALASTRO DE POTENCIA CONSTANTE (C.W.)

U. N. A. M.	
E.N.E.P. ARABON	
BALASTROS DE POTENCIA CONSTANTE	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 2°16

La segunda lámpara de un balastro doble, trabaja en circuito en "adelanto", ya que el control de la corriente de lámpara es por medio de un capacitor.

La mayor ventaja de este balastro es su tamaño relativamente pequeño lo cual facilita la colocación y el alambrado, resultando así un costo relativamente bajo comparado con dos balastos separados.

Las lámparas operan independientemente y una de ellas continuará operando aún si la otra queda fuera de operación. El diagrama de circuito para este tipo de balastro se muestra en la figura 2.17.a.

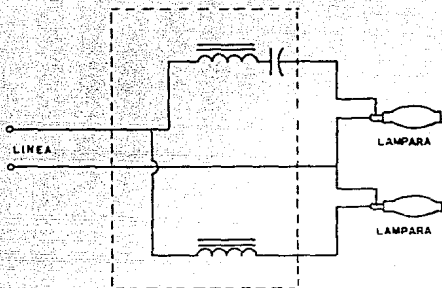
b) Balastro tipo serie para dos lámparas.- En este balastro se incorpora un embobinado aislado similar al balastro C.W. Las dos lámparas operan en serie; sin embargo, los dos portalámparas deberán estar conectados a tierra.

El embobinado aislado es un transformador elevador, el cual aumenta al doble el voltaje de circuito abierto. Las características de este circuito son similares a las del balastro tipo C.W., excepto en cuanto a la regulación, que es similar a la de un balastro tipo C.W.A.

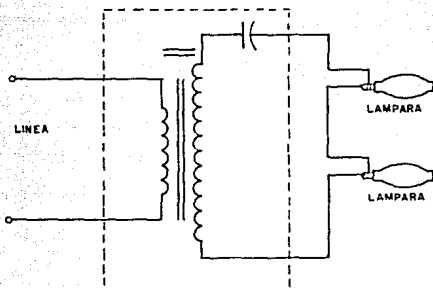
El circuito del balastro tipo serie para dos lámparas se muestra en la figura 2.17.b.

LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS (METALARC).- Es la fuente de luz blanca más eficiente disponible hoy en día. Incorpora todas las características deseables de otras fuentes luminosas: Alta eficacia, vida razonable económica, excepcional rendimiento de color y buen mantenimiento de lúmenes. Físicamente es de tamaño compacto y tiene las mismas dimensiones que una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia. La construcción de una lámpara de aditivos metálicos se muestra en la figura 2.18.

La lámpara metalarc tiene un tubo de descarga de cuarzo, un poco más pequeño que el de una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia. El tubo de arco

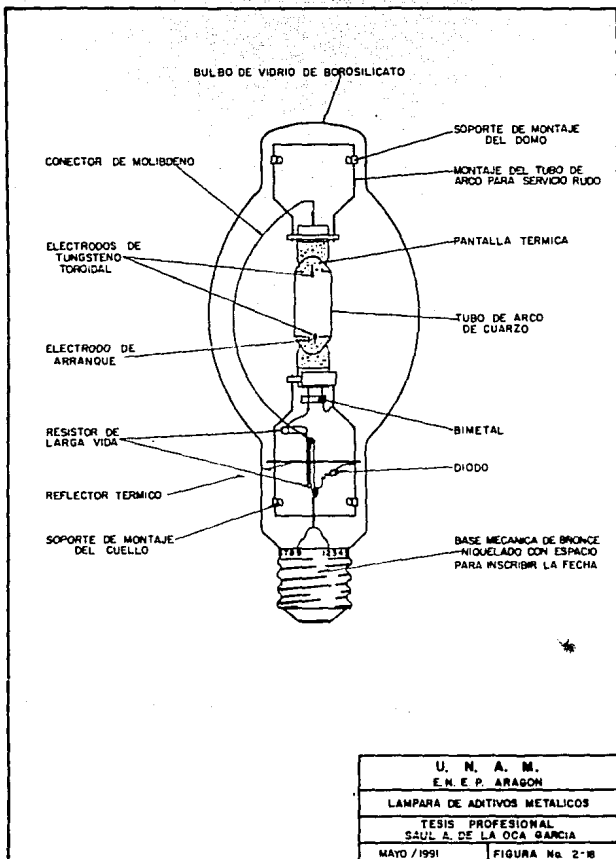


31° BALASTRO EN ATRASO-ACELANTO PARA DOS LAMPARAS.



31° BALASTRO TIPO POTENCIA CONSTANTE CON CIRCUITO SERIE (AISLADO) PARA DOS LAMPARAS.

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
BALASTROS ESPECIALES	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 2-17



U. N. A. M.	
E. M. E. P. ARAGON	
LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No. 2-18

contiene gas argón y mercurio, más yoduros de torio, sodio y escandio, los cuales son los responsables del excelente comportamiento de esta fuente luminosa.

Los extremos del tubo de arco tienen una pantalla térmica (revestimiento), el cual controla la temperatura en estas áreas durante la operación.

La lámpara metalarc se fabrica con un montaje para el tubo de arco en dos secciones, lo cual es necesario debido a la alta actividad electroquímica del sistema de aditivos, por lo que se requiere el máximo aislamiento de las partes metálicas del tubo de arco. El montaje del tubo de descarga incluye soportes en el cuello y domo, lo que proporciona un montaje muy durable y resistente, adecuado para el servicio rudo y la vibración. El bimetal debe permanecer cerrado durante la operación de la lámpara, para evitar un corto circuito entre el electrodo de operación y el electrodo de arranque adyacente. Con esto se evita la caída de voltaje entre el electrodo de operación y el electrodo de arranque, eliminando la falta por electrólisis en el sello del tubo de arco. Algunas lámparas de aditivos metálicos usan un diodo de estado sólido y un corta-circuito bimetal. El diodo se encuentra en serie con el corta-circuito bimetal durante la operación de calentamiento de la lámpara. El bulbo exterior de borosilicato (vidrio duro) protege las partes internas y también absorbe la radiación ultravioleta originada en el arco.

PRINCIPIO DE OPERACION.- En una lámpara de vapor de mercurio, todo el material de descarga se encuentra en estado vaporizado, ya que la temperatura de las paredes del tubo de arco es mayor que la temperatura de ebullición del mercurio. Los yoduros aditivos en el sistema metalarc, tienen el punto de ebullición considerablemente más alto que la temperatura de las paredes del tubo de arco; por lo tanto, algunos de los materiales permanecen condensados en estado sólido. Las cantidades de yoduros metálicos vaporizados se rigen por la temperatura del punto más frío de la superficie interior del tubo de arco.

La lámpara de aditivos metálicos utiliza el mismo principio de arranque de las lámparas de vapor de mercurio, pero difieren en características y principios de arranque. Cuando el voltaje se aplica a la lámpara, se inicia la ionización en el espacio existente entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Debido a la presencia de yoduros metálicos en el tubo de arco, el voltaje requerido para la ionización es mucho más alto en la lámpara metalarc. Cuando existe suficiente ionización se establece un flujo de electrones entre los electrodos principales.

Una vez establecido el arco, la lámpara empieza a calentarse, al ir aumentando la temperatura, los aditivos metálicos van integrándose al flujo del arco, emitiendo su radiación característica. Debido a la naturaleza del sistema de yoduros de aditivos metálicos, las exigencias básicas del balastro son más severas que las requeridas en el balastro para lámparas de vapor de mercurio.

Cuando la lámpara ha logrado su estabilización y los aditivos metálicos se encuentran en el arco en concentración apropiada, sus efectos se notan claramente. La emisión espectral de la lámpara contiene todas las longitudes de onda a las cuales responde el ojo humano y además, mucha de la energía radiada se desplaza a áreas del espectro donde la lámpara de vapor de mercurio es deficiente. Ya que todas las longitudes de onda están presentes en un balance aceptable, la apariencia del color de la luz es blanco, dando así un excelente rendimiento cromático.

Otra ventaja de la lámpara de aditivos metálicos sobre la de vapor de mercurio es su mayor eficacia, la cual, para lámparas de la misma potencia, es superior entre 65 y 75%.

Aún cuando la lámpara metalarc tiene excelente calidad de color para la mayoría de los usos, en tiendas, supermercados y otras instalaciones comerciales que requieren mayor rendimiento de color, se recomienda la lámpara metalarc tipo C,

la cual tiene un recubrimiento de fósforo con lo que se incrementa el porcentaje de rojos, naranja y amarillos.

La lámpara metalarc/C, también tiene la ventaja de una menor temperatura de color (luz más cálida), siendo una fuente luminosa más difusa con lo que se reduce la brillantez y el deslumbramiento.

POSICION DE OPERACION.- Las lámparas de aditivos metálicos se fabrican en dos tipos: "Base Arriba a Horizontal" (BU-HOR) y "Base Abajo" (BD). Para potencias de 250, 400, 1000 y 1500 watts, las lámparas base arriba, están diseñadas para operar en posiciones que varían de base arriba a horizontal; la lámpara base abajo, de la posición base abajo hacia arriba, pero sin llegar a la horizontal. La lámpara de 175 watts Base Arriba y Base Abajo se debe operar únicamente en posiciones que estén dentro de los 15° de vertical. Estas lámparas difieren en la localización del bimetal y del electrodo de arranque.

Las lámparas de 175 y 250 watts deben operarse en luminarias cerradas. Las lámparas de 400 y 1000 watts, cuando se operan en posición horizontal o dentro de los 60° de la horizontal, deberán instalarse en luminarias cerradas. De igual manera, la lámpara de 1500 watts debe operarse solamente en luminarias cerradas, independientemente de su posición de operación.

EFFECTO DE LA POSICION DE OPERACION.- Los datos característicos de las lámparas metalarc se establecen con la lámpara operando en posición vertical y horizontal; cuando la lámpara no se opera en posición vertical decrecen ligeramente los watts y la producción lumínica así como el mantenimiento de lúmenes y los lúmenes medios a través de las horas de vida. Esto es debido a que en posiciones diferentes a la vertical el arco tiende a colocarse en la parte superior, produciendo una distribución de temperatura no uniforme en las paredes del tubo de arco, dando como resultado una operación menos eficiente.

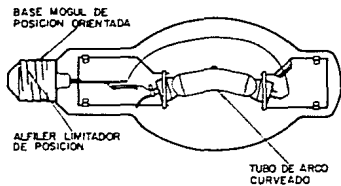
Debido al efecto desarrollado en el arco que tiende a arquearse en posición horizontal, se han diseñado lámparas de aditivos metálicos para operar en posición horizontal solamente. El tubo de arco de estas lámparas se fabrica de tal forma que su curvatura siga las condiciones naturales del arco, desarrollándose una temperatura uniforme en las paredes del tubo con lo que se incrementa la cantidad y uniformidad de aditivos metálicos en la descarga.

Para esta lámpara se necesita un portalámparas y una base especial: el portalámpara mogul de posición orientada (POMS) y la base mogul de posición orientada.

La base mogul de posición orientada tiene un alfiler en el cuerpo de la base el cual limita la lámpara en la correcta posición de operación. El portalámpara mogul de posición orientada, puede alojar una base mogul estándar, con lo cual tanto la lámpara de vapor de mercurio como la metalarc se pueden utilizar. En la figura 2.19.a se muestra la construcción de una lámpara Super-Metalarc-Horizontal.

Por otra parte, en el tubo de arco de la lámpara metalarc, operado en posición vertical, las corrientes de convección internas tienden a separarse en una trayectoria inferior y superior. La corriente de convección inferior es más generosa debido a la alta eficiencia del material aditivo. La corriente de convección superior contiene menos material aditivo, por lo que su emisión es parecida a la descarga de mercurio. La emisión luminosa total de la lámpara es el promedio del efecto de las dos corrientes de convección. Debido a la geometría ensanchada de la sección del tubo de arco (ver figura 2.19.b), la circulación de las corrientes de convección se modifican a una sola trayectoria, con lo que se incrementa el contenido de aditivos en el arco.

El resultado de la modificación en el tubo de arco para las lámparas super-metalarc horizontal y vertical, es un incremento del 25% en la eficacia de la lámpara.



c) LAMPARA SUPER METALARC PARA
POSICION HORIZONTAL



d) TUBO DE ARCO DE LA LAMPARA
SUPER METALARC VERTICAL

U. N. A. M.
E. N. E. P. ARAGON

LAMPARAS SUPER-METALARC

TESIS PROFESIONAL
SALV. A. DE LA OCA GARCIA

MAYO/1991

FIGURA No. 2-19

APLICACIONES.- En la mayoría de las instalaciones industriales donde existe una gran altura de montaje y donde el color de identificación de tuberías, circuitos, áreas restringidas y peligrosas, la mejor alternativa es la lámpara metalarc de 400 y 1000 watts. Debido al inmejorable rendimiento de color y su alta eficacia, las lámparas metalarc se usan ampliamente en la transmisión por T.V. de juegos de fútbol, beisbol, etc.

La lámpara de aditivos metálicos de 1500 watts ha sido diseñada, especialmente, para la iluminación de áreas deportivas, por su alta emisión lumínica y su excelente mantenimiento.

Para la iluminación comercial como en bancos, tiendas de departamentos, distribuidores de equipo electrodoméstico y supermercados, la lámpara metalarc/C ha sido aceptada como fuente de luz ideal.

BALASTRO PARA LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS.- La lámpara de aditivos metálicos normalmente requiere de mayor voltaje de circuito abierto que la lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia, además, requiere una característica especial de forma de onda, necesaria para sostener la lámpara durante el período de calentamiento y operación. Con el objeto de lograr el alto voltaje de circuito abierto, sin aumentar el tamaño físico, el embobinado secundario del balastro tiene uno o varios entrehierros, los cuales proveen una forma de onda de alto pico de voltaje, el cual es el adecuado para arrancar y operar la lámpara de aditivos metálicos a sus temperaturas de operación. Debido al diseño del balastro tiene un circuito del tipo "adelanto", este tipo de balastro es llamado como *"pulso de voltaje en adelanto"*.

El diseño del balastro para aditivos metálicos puede ser del tipo C.W. (potencia constante) con aislamiento secundario o bien puede ser del tipo autotransformador del tipo en adelanto (C.W.A.) con pulso de voltaje (LPA) (ver figura 2.16).

El balastro para aditivos metálicos puede operar una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia y, además, la puede operar a temperaturas ambientales significativamente menores, a las que un balastro de vapor de mercurio no podría arrancar la lámpara. Las características de regulación para el balastro de aditivos metálicos son similares a las del balastro de vapor de mercurio del tipo autotransformador. Normalmente una variación del 10% del voltaje de línea, resultará en una variación del 10 al 12% de potencia de la lámpara. El factor de potencia es alto y tolera caídas de voltaje de la línea hasta del 50% sin que la lámpara se extinga. También se fabrican balastros para dos lámparas de 400 y 1000 watts de aditivos metálicos.

LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION.- La lámpara lumalux es el tipo más eficiente de la familia de lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.). La luz se produce por el paso de corriente eléctrica a través de vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura.

Gracias al desarrollo de una nueva cerámica, el óxido de aluminio policristalino (polycrystalline aluminium oxide), se logró fabricar lámparas de vapor de sodio a alta presión, este material es extremadamente resistente al ataque del vapor de sodio y puede soportar las altas temperaturas de operación que requiere el logro de una gran eficiencia y cuenta con características excelentes para la transmisión de luz visible.

Además del sodio, la lámpara lumalux contiene mercurio como gas corrector del color y para controlar el voltaje. También existe una pequeña cantidad de xenón en el tubo de arco, para iniciar la secuencia de arranque.

Para su ignición, la lámpara requiere de voltajes extremadamente altos debido a que el tubo de arco debe ser largo y estrecho para lograr la máxima eficiencia y además porque no se usan electrodos de arranque, únicamente gas xenón que

facilita la ignición inicial. El arranque se logra por medio de un circuito electrónico (ignitor) que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. El "ignitor" provee un corto pulso de alto voltaje en cada ciclo o mitad del ciclo del voltaje de alimentación, el cual tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y así iniciar la secuencia de arranque de la lámpara. En la figura 2.20 se muestra el diagrama esquemático de la lámpara lumalux.

La lámpara de vapor de sodio de alta presión se fabrica con un exceso de sodio en forma de amalgama con mercurio ya que después de un período de operación de la lámpara parte del vapor de sodio se pierde en el flujo del arco, a través de varios mecanismos. Debido al cambio de la relación de presiones de sodio y vapor de mercurio el voltaje del arco se incrementa. Eventualmente, el voltaje de operación de la lámpara se incrementará a un nivel más alto del voltaje que el balastro puede sostener, cuando esto sucede, la lámpara arrancará calentándose hasta lograr su completa brillantez y luego se extingue. Cuando la secuencia de operación se repite regularmente se dice que está cicleando, característica que se presenta en la lámpara de vapor de sodio cuando su vida ha llegado al final. La lámpara lumalux requiere de un período de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez, el cual es un poco menor que el de las lámparas de vapor de mercurio o de aditivos metálicos.

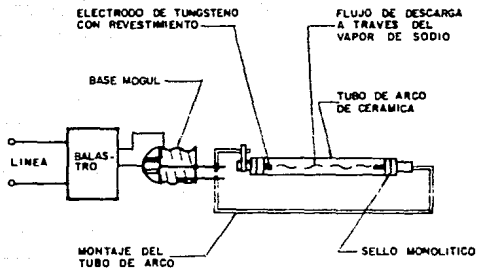
Durante el período de calentamiento existen varios cambios en el color de la luz. Empieza con un débil resplandor azul-blanco producido por la ionización del gas xenón, el cual rápidamente cambia a un brillante color azul, típico del mercurio, se incrementa la brillantez y cambia al amarillo monocromático, característico del sodio a baja presión. Cuando aumenta la presión en el tubo de arco, la lámpara logra su completa brillantez produciendo una luz blanca dorada. Si hay una interrupción momentánea en la alimentación, la lámpara se reencenderá aproximadamente en un minuto.

CONSTRUCCION DE LA LAMPARA.- Este tipo de lámparas también tienen un bulbo exterior "*cubierta*" y uno interior "*tubo de arco*" el cual contiene los electrodos amalgama de mercurio-sodio y una pequeña cantidad de xenón. El bulbo exterior de borosilicato, protege al tubo de arco y reduce las pérdidas de calor por las corrientes de convección y conducción en el tubo de arco ya que se encuentra al vacío.

Como ya se mencionó, el tubo de arco se fabrica con cerámica de óxido de aluminio policristalino y es largo y esbelto por los requerimientos de la alta temperatura para vaporizar el sodio. Debido a que el material no contiene impurezas ni pequeños poros, el tubo de arco es altamente resistente al efecto corrosivo del sodio a alta temperatura, el cual deteriora el cuarzo o cualquier otro material similar rápidamente.

En el diseño con sello monolítico se usa un material cerámico idéntico al material usado en la construcción del tubo de arco sellando la mayor área en sus extremos. Un tubo de niobio (Nb) que pasa a través del centro de los extremos se usa para lograr la conexión eléctrica con los electrodos y sellar el compartimiento de descarga. La mayoría de los mecanismos de pérdida de sodio operan en el área de sellado. Con el diseño monolítico se logra la minimización del material usado en el sellado del metal al tubo de alumina policristalino, lo que reduce considerablemente el área en la cual el sodio se pierde por la descarga en el arco dando como resultado un bajo incremento del voltaje de la lámpara a través de sus horas de vida, asegurando de esta forma, una larga vida a la lámpara.

Un depósito de reserva de amalgama, logrado con el sellado monolítico, se transforma en un área fría dentro del tubo de arco, normalmente en la parte posterior de los electrodos, eliminándose así la necesidad de una reserva exterior.



CIRCUITO ELECTRICO DE LA LAMPARA LUMALUX

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION	
TECNICO PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 2-20

Existen lámparas que operan en cualquier posición. Las dos ventajas principales son:

- 1) Al ordenar la lámpara no necesita especificarse base arriba o base abajo.
- 2) La lámpara no puede ser utilizada en forma incorrecta.

Si la lámpara se selecciona adecuadamente, ésta quedará colocada en su posición correcta de operación a pesar de su orientación.

EFICACIA.- En las lámparas de vapor de mercurio la eficacia depende principalmente de la presión del vapor de sodio existente dentro del tubo de descarga, que para mantenerse, la temperatura en los puntos fríos de la amalgama deberá ser la misma.

La eficacia de la lámpara lumalux es más del doble que la lámpara de vapor de mercurio, de la misma potencia.

La eficacia de la lámpara lumalux varía desde 80 lúmenes por watt en la lámpara de 70 watts, hasta 140 lúmenes por watt en la lámpara de 1000 watts.

DISTRIBUCION DE ENERGIA ESPECTRAL.- La lámpara de vapor de sodio de alta presión emite luz amarilla, con producción de energía radiante, visible en dos longitudes de onda: 589 y 589.6 nanómetros, en la región amarilla del espectro, no existiendo producción significativa de energía en las regiones ultravioletas. Debido a la alta temperatura en el tubo de arco de la lámpara lumalux, la radiación de sodio se altera y produce una distribución de energía espectral continua de color amarillo-blanco.

CARACTERISTICAS DE OPERACION DE LAS LAMPARAS LUMALUX

VIDA DE LA LAMPARA.- La vida de las lámparas lumalux tiene un comportamiento similar a la de las lámparas de vapor de mercurio y de aditivos metálicos, en las que las horas de encendido por arranque afectan la duración de la misma, por lo que su vida útil es mayor cuando se usan en encendido continuo.

PRODUCCION DE LUMENES Y MANTENIMIENTO.- La lámpara lumalux tiene la mayor eficacia de las lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.). La producción luminosa decae gradualmente en el curso de sus horas de trabajo. La producción promedio de lúmenes durante su vida es aproximadamente del 90% del valor inicial.

EFFECTO DE LA ELEVACION DE VOLTAJE DE LA LUMINARIA.- Este efecto, en donde el voltaje de operación de la lámpara presenta un incremento, en comparación a cuando es operada sin luminaria se debe al efecto de radiación de la luminaria sobre el tubo de arco. Un excesivo incremento en el voltaje causaría una reducción en la vida de la lámpara.

BALASTRO PARA LA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION.- Debido a las características eléctricas particulares de las lámparas de vapor de sodio de alta presión, requieren de balastos especiales de mayores dimensiones, más pesados y más caros.

Para proporcionar el alto voltaje (2,500 a 4,000 volts) necesario para ionizar la amalgama de mercurio-sodio que se encuentra dentro del tubo de arco, se emplea un circuito electrónico separado o integrado en el balastro.

El circuito de arranque produce un angosto y alto pulso de voltaje, el cual se sobrepone a la forma de onda producida por el propio balastro. Se produce un pulso

cada ciclo sucesivo hasta que arranca la lámpara, después de ésto no se requiere de pulsos de voltaje.

Como se mencionó anteriormente, el voltaje en el tubo de arco de la lámpara de vapor de sodio tiende a incrementarse a través de su vida. Si el voltaje de la lámpara se incrementa y la corriente es constante, la potencia de la lámpara se incrementará causando que la lámpara ciclee encendiéndose y apagándose hasta que falle.

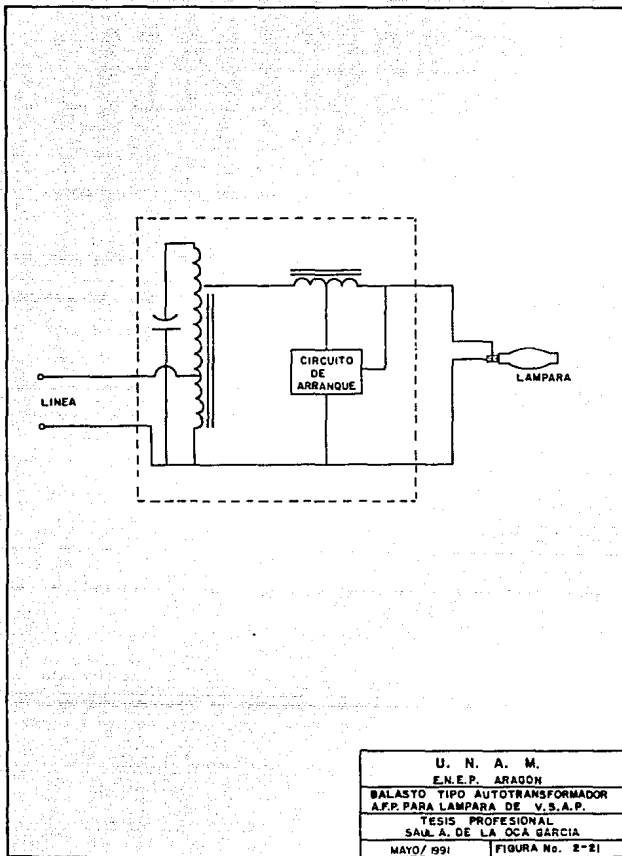
Para controlar la potencia de la lámpara, el balastro deberá decrecer la corriente conforme el voltaje se incremente. Los fabricantes fijan límites específicos permisibles de voltaje y potencia de la lámpara, los cuales deben ser respetados para proporcionar las características adecuadas de operación de las lámparas de vapor de sodio de alta presión.

Los balastos para lámparas de vapor de sodio de alta presión pueden diseñarse en todos los tipos mencionados anteriormente: Tipo reactor en "atraso", Tipo autotransformador en "atraso", en "adelanto" o tipo regulador. El circuito comúnmente usado es el tipo de alta reactancia (tipo reactor o autotransformador en atraso).

La regulación en un balastro para lámpara de vapor de sodio de alta presión, es similar a la regulación de un balastro para lámpara de vapor de mercurio de circuito equivalente. El factor de potencia será bajo si no se corrige con un capacitor en paralelo con la línea de alimentación al balastro, en los tipos de reactor en atraso.

En la figura 2.21 se muestra el diagrama del circuito de un balastro tipo autotransformador alto factor de potencia para lámpara de sodio de alta presión.

A manera de resumen y como información, en la tabla 2.1 se presentan las principales características de las lámparas mencionadas en este Capítulo.



U. N. A. M.	
E.N.E.P. ARAGÓN	
BALASTO TIPO AUTOTRANSFORMADOR A.F.P. PARA LAMPARA DE V.S.A.P.	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCÍA	
MAYO/ 1991	FIGURA No. 2-21

Tabla 2-1
Lámparas Incandescentes

watts	Volts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total cm	Vida Hrs	Lúmenes Iniciales	Depreciación (por ciento)
Servicio General								
15	127	media	A-15	perla	8.9	2500	126	17
25	"	"	A-19	"	9.8	"	230	21
40	"	"	"	"	10.8	1500	455	12
60	"	"	"	"	11.2	1000	860	7
75	"	"	"	"	"	750	1180	8
100	"	"	"	"	"	"	1740	9
150	"	"	A-23	"	15.7	"	2780	11
200	"	"	PS-25	cl/perla	17.6	"	3800	13
300	"	"	PS-30	"	20.4	"	6100	17
300	"	mogul	PS-35	"	23.8	1000	5860	14
500	"	"	PS-40	claro	24.7	"	10140	16
750	"	"	PS-52	"	33.1	"	15660	19
1000	"	"	"	"	"	"	21800	21
1500	"	"	"	"	"	"	34000	22
Reflectores uso interior								
30	127	media	R-20	difuso	10.0	2000	205	-
50	"	"	"	"	"	"	435	-
75	"	"	R-30	diff/con	13.6	"	850	-
150	"	"	R-40	"	16.5	"	1825	-
300	"	"	"	"	"	"	3600	-
500	"	med.fald	"	"	18.4	"	6500	-
500	"	mogul sec	"	"	"	"	"	-
500	"	mogul	R-52	difuso	29.8	"	"	-
750	"	"	"	"	"	"	13000	-
Reflectores uso exterior								
75	127	media	PAR-38	diff/con	13.4	2000	750	-
150	"	"	"	"	"	"	1735	-
300	"	med.prol	PAR-56	"	12.7	"	3750	-
500	"	"	"	"	15.2	"	6000	-

Tabla 2-1
Lámparas de Tungsteno Halógeno

watts	Volts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total cm	Vida Hrs	Lúmenes Iniciales	Depreciación (por ciento)
Servicio General								
100	127	Minican	T-4	Claro	7.0	1000	1800	4
150	"	"	"	"	7.0	1500	2900	"
200	"	RSC	T-3	"	7.9	"	3440	"
250	"	Minican	T-4	"	"	2000	4850	"
300	"	RSC	T-3	"	"	"	5650	"
400	"	"	T-4	"	"	"	7750	"
500	"	"	T-3	"	11.9	"	10950	"
1000	220	"	"	"	25.6	"	21400	"
1500	"	"	"	"	"	"	35600	"
2000	"	Novul	T-30	"	25.4	200	48000	6
		Bíposte						

Tabla 2-1
Lámparas Fluorescentes

Watts	Volts	Bulbo	Acabado	Longitud Total cms	Vida Hrs.	Lúmenes Iniciales	Depreciación (por ciento)	Pérdida en Balastro (w)
Lámparas fluorescentes								
15	standard	1-8	B.Frío	45.7	7500	873	21	5
15	"	"	L.Día	"	"	750	"	"
15	"	1-12	B.Frío	"	9000	793	19	"
15	"	"	L.Día	"	"	650	"	"
20	"	"	B.Frío	61.0	"	1270	15	"
20	"	"	L.Día	"	"	1050	"	"
22	A.rápido	1-19 circ.	B.Frío	21.06	12000	1065	28	12
22	"	"	L.Día	"	"	906	"	"
33	"	1-10 circ.	B.Frío	30.48	"	1870	18	"
33	"	"	L.Día	"	"	1550	"	"
40	"	"	B.Frío	40.64	"	2522	23	"
40	"	"	L.Día	"	"	2165	"	"
40	"	1-12"U"	B.Frío	61.0	"	2935	16	"
40	"	"	L.Día	"	"	2436	"	"
40	"	1-12	B.Frío	122.0	"	3150	"	"
40	"	"	L.Día	"	"	2615	"	"
38	Stimline	"	B.Frío	"	9750	3000	18	14
38	"	"	L.Día	"	"	2500	"	"
55	"	"	B.Frío	183.0	"	4582	11	13
55	"	"	L.Día	"	"	3815	"	"
76	"	"	B.Frío	244.0	12000	6300	"	20
76	"	"	L.Día	"	"	5415	"	"
87	N.O.	"	B.Frío	183.0	"	6650	18	19
87	"	"	L.Día	"	"	5600	"	"
110	"	"	B.Frío	244.0	"	9150	"	27
110	"	"	L.Día	"	"	7800	"	"
110	V.N.O.	"	B.Frío	122.0	9000	6900	31	30
110	"	"	L.Día	"	"	5915	"	"
160	"	"	B.Frío	183.0	"	10640	28	45
160	"	"	L.Día	"	"	9120	"	"
215	"	"	B.Frío	244.0	"	15250	"	"
216	"	"	L.Día	"	"	12650	"	"

Tabla 2-1
Lámparas de Descarga de Alta Intensidad

Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total cm	Vida Hrs	Lúmenes Iniciales	Depreciación (por ciento)	Posición	Pérdida Registro (%)
Vapor de Mercurio Servicio General									
175	mogul	81-28	B.Lujo	21.1	24000	8600	11	Vertical	25
250	"	"	"	21.1	"	12775	16	"	30
400	"	81-37	"	29.2	"	23125	14	"	39
700	"	81-46	"	36.8	"	42750	16	"	50
1000	"	81-56	"	39.0	"	61670	23	"	100
Aditivos Metálicos Servicio General									
175	mogul	81-28	Fosforado	21.1	7500	14000	27	Vertical	34
175	"	"	"	"	"	12000	31	Horizontal	11
250	"	"	"	"	10000	20500	22	Vertical	43
250	"	"	"	"	"	19500	31	Horizontal	"
400	"	E-37	"	17.7	17500	34000	28	Vertical	61
400	"	"	"	"	"	32000	30	Horizontal	"
1000	"	81-56	"	38.2	11000	105000	22	Vertical	130
1000	"	"	"	"	10000	90000	30	Horizontal	"
Vapor de Sodio Alta Presión									
100	mogul	81-25	Claro	19.9	24000	9500	10	-	28
150	"	81-28	"	21.1	"	16000	"	-	42
200	"	E-18	"	24.7	"	22000	"	-	52
250	"	"	"	"	"	27500	"	-	59
400	"	"	"	"	"	50000	"	-	68
1000	"	E-25	"	38.2	"	140000	"	-	110

CAPITULO III

Nomenclatura Fotométrica y Métodos De Cálculo de Iluminación

Para proyectar adecuadamente, es necesario obtener los reportes fotométricos del fabricante de la lámpara que se pretende utilizar para obtener los resultados esperados. La curva de distribución es un dato fotométrico importante, y dependiendo de la naturaleza del equipo puede constar de una curva o más.

Las curvas pueden ser trazadas en dos formas:

a) en coordenadas rectangulares

b) en coordenadas polares

y

a) isobujfas (isocandle)

b) isobujfa-pie (isofoot-candle)

c) isolux

Cada curva tiene su interpretación particular, independientemente que se trate de la misma lámpara o luminaria. La clasificación de las distintas curvas es la siguiente:

- A) Curva Característica.- Es una curva que expresa una relación entre dos propiedades variables de una fuente luminosa, como pueden ser voltaje e intensidad luminosa, voltaje y consumo de energía, etc.
- B) Curva de Distribución de Luz.- Es una curva que muestra la variación de la intensidad luminosa de la lámpara o luminaria con el ángulo de emisión.
- C) Curva de Distribución Horizontal.- Es una curva, usualmente en forma polar, que representa la intensidad luminosa en el plano horizontal que pasa por el centro de la lámpara.
- D) Curva de Distribución Vertical.- Esta curva es idéntica a la anterior, pero ésta representa la distribución luminosa en el plano vertical.
- E) Curva Isolux.- Es una curva, que puede ser trazada en forma polar o cartesiana, que representa la iluminación de una lámpara o luminaria en el plano horizontal o vertical a cierto ángulo y distancia con una determinada altura de montaje.

De la clasificación, se puede decir que las curvas descritas en los incisos B), C) y D), son iguales, únicamente se diferencian en que la B) se considera para lámparas y luminarias simétricas, C) y D) para lámparas y luminarias asimétricas. La curva de distribución de intensidad luminosa quizá se puede considerar como la más importante, pues de ella se pueden obtener casi todos los datos inherentes a la unidad en consideración. Las demás curvas sirven como un complemento del análisis de iluminación.

De la curva de distribución luminosa se puede decir que es una presentación gráfica de la distribución de la intensidad de una lámpara o luminaria que contribuye a guiar al proyectista en determinar la utilización de equipos de iluminación para su aplicación en distintos campos.

Para poder utilizar las curvas de distribución es necesario saber la forma en que se obtienen. La intensidad luminosa en cualquier dirección de una lámpara de filamento es igual a la iluminación producida en un plano normal a los rayos de incidencia multiplicada por la distancia, de dicho plano a la lámpara, al cuadrado. (Ley de la inversa del cuadrado $I = E \cdot d^2$).

Para mediciones con exactitud la distancia debe ser como mínimo cinco veces al diámetro de la lámpara. Si en esta forma la intensidad luminosa promedio, alrededor de una lámpara de filamento, se calcula para cualquier ángulo vertical, digamos 25° , dicho valor promedio representa un punto que puede ser trazado a una escala conveniente en coordenadas polares.

Usualmente se toman varias lecturas alrededor de un eje a un mismo ángulo vertical, y las lecturas son casi las mismas; sin embargo, en laboratorios fotométricos se detectan con mayor precisión las diferencias, pudiendo ser las causas de éstas la estructura del filamento u otras variaciones que son compensadas precisamente haciendo girar la lámpara alrededor de su eje longitudinal para tomar varias lecturas y promediarlas.

Para tener suficiente información de la lámpara o luminaria se hacen 20 lecturas a los 0° , 5° , 15° , 25° , 35° , etc., hasta 180° en el plano vertical y las intensidades luminosas calculadas se trazan en coordenadas polares. Una curva que une todos los puntos obtenidos, forma la curva de distribución de intensidad luminosa. El valor a los 90° es el valor en el plano horizontal que pasa por el centro de la lámpara, mientras que el valor a 0° es el valor directamente abajo de la lámpara. Para unidades de iluminación de haz concentrado, como proyectores y faros, las lecturas requieren intervalos de uno o dos grados en lugar de diez. La figura 3.1 muestra una curva de distribución de intensidad luminosa para una lámpara de filamento de 200 watts. Por conveniencia, las curvas que son simétricas se muestran en el diagrama con sólo una parte, o sea, de 0° a 180° puesto que la parte de 180° a 360°

TABLA 3-1

Zona	Angulo Medio de la Zona	Zona	Angulo Medio de la Zona	Constante de Zona
0°- 10°	5°	170°- 180°	175°	0.095
10°- 20°	15°	160°- 170°	165°	0.283
20°- 30°	25°	150°- 160°	155°	0.463
30°- 40°	35°	140°- 150°	145°	0.628
40°- 50°	45°	130°- 140°	135°	0.774
50°- 60°	55°	120°- 130°	125°	0.897
60°- 70°	65°	110°- 120°	115°	0.993
70°- 80°	75°	100°- 110°	105°	1.058
80 - 90°	85°	90°- 100°	95°	1.091

Como ejemplo, en la tabla 3-2 se calculan los lúmenes por zona y totales correspondientes a la figura 3-1, o sea, un foco incandescente de 200 watts.

Para una luminaria de alumbrado general, la distribución de la luz entre los hemisferios superior e inferior son la base para su clasificación como directa, semidirecta, general difusa, etc., como se verá más adelante.

En la figura 3-2 se muestra una hoja típica de datos técnicos del fabricante, en ésta se ilustra la curva de distribución así como todos los datos de la luminaria para la realización del cálculo de alumbrado.

es exactamente igual y se puede decir que, en realidad, ambas partes están representadas.

Con la curva anterior se puede calcular la iluminación en determinado punto por la ley de la inversa del cuadrado (método de punto por punto), o bien se puede calcular los lúmenes en determinada zona. Para ésto, se divide la esfera, que tiene como centro del foco, en 18 zonas de 10° cada zona, desde 0° directamente hacia abajo del foco, hasta 180° , directamente arriba del foco.

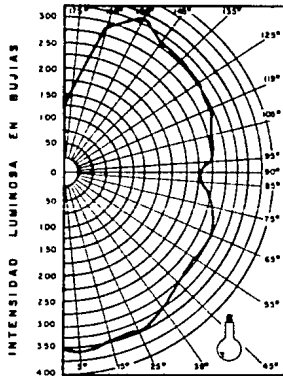
Los lúmenes de cada zona serán iguales al número de bujías promedio de dicha zona, multiplicados por el ángulo sólido en estereoradianes de la zona; $F = I \cdot W$. Cuando se supone una intensidad luminosa unitaria, o sea, una bujía, la suma de los lúmenes por zona es de 12.56 lúmenes (4π) y a los lúmenes por zona unitarios se les conoce como constante de zona. Cuando se tiene una curva de distribución de intensidad luminosa como la de la figura 3-1, basta multiplicar las bujías promedio de la zona por la constante de la zona para obtener los lúmenes de la zona considerada. Como cada zona se delimita a cada 10° , las lecturas promedio de zona de intensidad luminosa se toman a los 5° , 15° , 25° , etc., pues se asume que a la mitad de la zona se tiene el promedio en bujías. Para calcular los lúmenes de cada zona, el ángulo sólido en estereoradianes para una determinada zona de la esfera (constante de zona) es:

$$W = 2\pi (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

y este valor se multiplica por las bujías. En la tabla 3-1 aparecen los valores de las constantes de zona. Con estos valores se puede hacer una tabla para lámpara o luminaria, en la que se tenga como dato la curva de distribución de intensidad luminosa, obteniéndose los lúmenes por zona, y la suma de todos los lúmenes por zona darán el número total de lúmenes de la unidad que se estudia.

TABLA 3-2

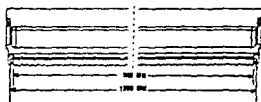
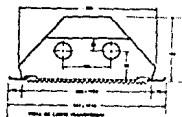
Zona	Angulo Medio de la Zona	Constante de Zona	Intensidad Luminosa Bujas	Lúmenes por Zona
0°- 10°	5°	0.095	362	34
10°- 20°	15°	0.283	348	98
20°- 30°	25°	0.463	342	158
30°- 40°	35°	0.628	326	205
40°- 50°	45°	0.774	307	237
50°- 60°	55°	0.897	300	270
60°- 70°	65°	0.993	288	286
70°- 80°	75°	1.058	285	301
80°- 90°	85°	1.091	259	282
90°- 100°	95°	1.091	271	295
100°- 110°	105°	1.058	278	294
110°- 120°	115°	0.993	290	287
120°- 130°	125°	0.897	307	275
130°- 140°	135°	0.774	308	238
140°- 150°	145°	0.628	313	196
150°- 160°	155°	0.463	329	152
160°- 170°	165°	0.283	280	79
170°- 180°	175°	0.095	153	14
Lúmenes Totales				3700



U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
CURVA DE DISTRIBUCION LAM- PARA 200 W. INCANDESCENTE	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 3-1

CONTROLENTE* HOLOPHANE* No. 6163 M

DATOS TECNICOS

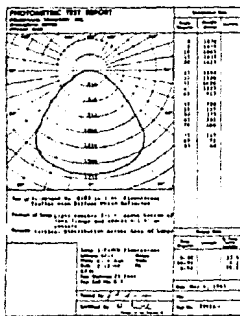


Dimensiones del controlente y disposición de lámparas

ESPECIFICACIONES

Este controlente, se manufactura por inyección de plástico acrílico de alta calidad, mide 1188 mm de largo por 274 mm de ancho por 4 mm de espesor, tiene una ceja de 11 mm de altura a los lados de su cara inferior, la cual le da mayor rigidez mecánica; lleva un perno de 6.3 mm

de largo en dos de sus vértices, los que en un lado, le dan una longitud de 1200 mm. Espaciamiento máximo entre luminarios para obtener una iluminación uniforme sobre el plano de trabajo: 1.25 veces la altura de montaje sobre dicho plano.



Distribución fotométrica con dos lámparas de 40 Watts blanco frío 6200 lúmenes

COEFICIENTES DE UTILIZACION 2 LAMP. 40 W - 6200 LUMENES

Plano	Forma	Cilindro					
		90%	80%	70%	60%	50%	40%
R	0.6	31	27	20	14	10	7
P	0.9	60	51	38	26	18	13
H	1.0	43	40	43	39	43	39
B	1.29	50	45	46	44	47	44
C	1.3	55	49	52	48	51	49
F	2.0	60	55	56	52	56	51
D	2.5	62	56	56	50	57	54
E	3.0	64	57	57	50	59	57
G	4.0	69	60	56	51	61	58
A	5.0	71	64	58	53	62	59

BRILANTEZ MEDIA 2 LAMP. 40 W - 6200 LUMENES

Ángulo Vertical	En Pie Lombry	
	Forma plana al 90°	Al 10 grados del 90°
0°	1313	1313
30°	1203	1200
45°	1073	1070
60°	933	930
90°	700	700
120°	563	563
150°	433	433
180°	300	300
210°	173	173
240°	43	43

Holophane*, S.A. de C.V.

GUADALAJARA, JAL.
MEXICALTINGO 2102
CODIGO POSTAL 40100

FABRICA Y OFICINAS
AV. 31 CARRE. BUENOS AIRES - TURTILLAN, ESTADO DE MEXICO
CODIGO POSTAL 26900

MONTERREY, N. L.
AV. HIDALGO 1877 - B
CODIGO POSTAL 66000

TELE. 56-21-33
56-22-33

CLAVE 555-31-00, 572-00-07,
TELE. LADA 575-01-00, 575-02-22,
518 572-07-32, 572-00-21

TELEFONO 66-04-33

BIC - DGE (1987) MM - 11 Nota Bnc.

HOLOPHANE GARANTIZA CALIDAD - NO ACEPTA SUSTITUCION

Los datos de distribución luminosa de equipos productores de haces, tales como reflectores, se suelen representar en coordenadas rectangulares en lugar de polares, como en la figura 3-3, indicándose sobre la base del diagrama la distancia angular desde el centro del haz, y en ordenadas la intensidad luminosa. Si la distribución es simétrica respecto a un eje central, puede representarse el haz con una sola curva. Un haz asimétrico requiere de una curva vertical y una horizontal y a veces más para que la descripción sea más completa.

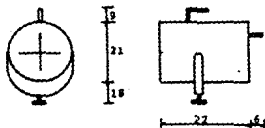
Un diagrama "isocandela", como el de la figura 3-4, es la mejor representación de un haz irregular. En este diagrama se representan en grados las distancias al eje del haz, tanto horizontal como verticalmente, y se recoge gran número de lecturas de intensidades luminosas en diferentes puntos; las curvas que se dibujan unen puntos de igual intensidad luminosa. Generalmente los fabricantes proporcionan, con este diagrama, los lúmenes de zona que emite la luminaria.

Un diagrama "isolux" es un conjunto de curvas que unen puntos del plano de trabajo que reciben la misma iluminación. Con el objeto de que la información pueda ser fácilmente aplicable para distintas alturas de montaje las distancias en el plano de trabajo se expresan en múltiplos de dicha altura. La iluminación para otras alturas de montaje distintas de la correspondiente a las curvas trazadas se obtiene multiplicando los valores dados por éstas por la relación entre el cuadrado de la altura de montaje dada y el cuadrado de la nueva altura de montaje. Cada altura de montaje da lugar a un diagrama "isolux" distinto. (Ver figura 3-5).

Métodos de cálculo de iluminación interior

Método de cavidad zonal.- Este método también llamado "*método de lúmen*" es el más exacto para determinar el número y tipo de unidades de iluminación que

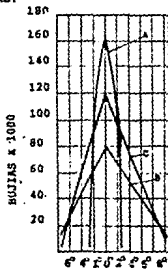
DESCRIPCION



CATALOGO	LAMPARAS NO. Y WATTS	TIPO	ABERTURA DEL HAZ A LA MAXIMA POTENCIA, AL		DIMENSIONES CM.	
			50%	10%	D	L
ZRI-1.2PAR	1-120	PAR64-VNSP	4x5	6x7	21	22
ZRI-1 PAR	1-300	PAR56-VNSP	8x10	15x20	21	22
ZRI-1 PAR	1-500	PAR64-VNSP	7x12	13x20	21	22

ILUMINACION APROXIMADA INICIAL, EN LUXES Y EN UN PLANO PERPENDICULAR AL EJE DEL HAZ PRINCIPAL.

LAMPARA	DISTANCIA	LUXES
120 WATTS SPOT PAR64	10 m.	1610
	20	402
	30	179
	40	100
	50	64
300 WATTS SPOT PAR56	10	800
	20	200
	30	89
	40	50
	50	32
500 WATTS SPOT PAR64	10	1200
	20	300
	30	133
	40	75
	50	45



0 1 2 3 4 5 6
 DISTRIBUCIONES
 VERT. HOR:
 A.- 120PAR64/VNSP
 B.- 300PAR56/VNSP
 C.- 500PAR64/VNSP

ENG-5

VI 1988
 PAG. 2/2

DEPARTAMENTO DE ILUMINACION

CURVA DE DISTRIBUCION LUMINOSA No. 3293 M.

MEXICO, D. F.

EQUIPO PROBADO

LAMPARA

RESULTADOS

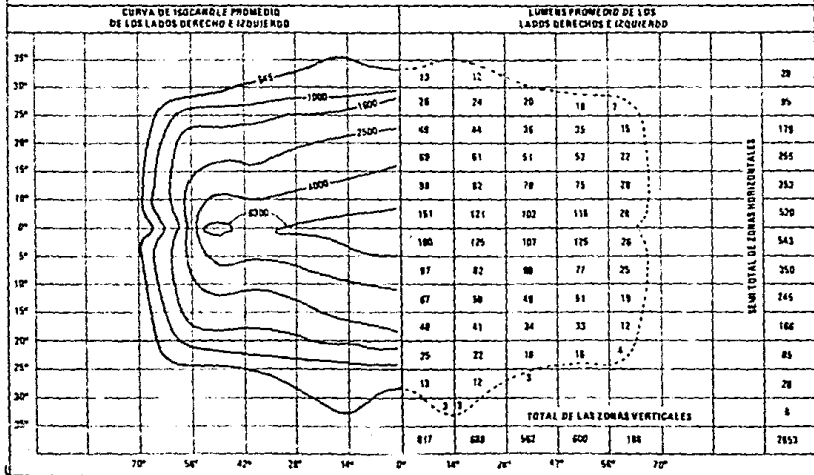
TIPO: MVE 1247021A-SM
REFLECTOR: PULIDO CROMEAZ HAZ LUMINOSO ABIERTO
REFLECTOR AUXILIAR: NINGUNO
LENTE: DIFUSION ABIERTA

WATTS: 250
VOLTS:
AMPS:
LUMENS: 17 500

SUBD.: BT 29CL
BASE: MODUL
TIPO FIL.: ARCO
SERVICIO: GENERAL DE ALUMBRADO

PROMEDIO MAX. EN BUNJAS: 6449
LUMENS HAZ LUMINOSO: 5706
EFICIENCIA HAZ LUM.: 49.62
DIFUSION DEL HAZ LUM.: V. 57.8° H. 130.0°

PRUEBA EFECTUADA CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA I.E.I. Y NEMA



Diseñado para ahorrar energía usando lámparas de Vapor de Sodio Alta Presión, Aditivos Metálicos ó Vapor de Mercurio

LA MEJOR CALIDAD EN SU CONSTRUCCION. SIGNIFICA OPERACION DURADERA SIN PROBLEMAS.

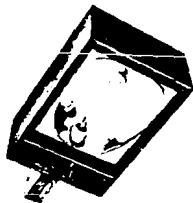
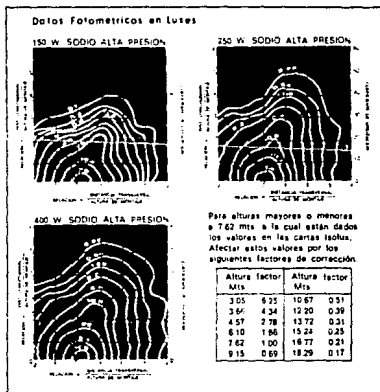
GABINETE Construido con una hoja de aluminio de una sola pieza con lados planos, sujeta a un chasis de aluminio fundido, con un compartimento para conexiones en la parte trasera, todo esto pintado en esmalte negro.

PUERTA construida con aluminio extruido, provista de un seguro de cierre a base de resorte que permite una apertura y cierre rápido y sencillo. Sujeta al gabinete por medio de una bisagra la cual puede retirarse con solo deslizar un perno para dar fácil acceso al mantenimiento.

REFLECTOR construido de una sola pieza en lámina de aluminio anodizado se sujeta al gabinete por medio de tornillos de acero cadmizados y grapas, las cuales pueden ser removidas fácilmente para quitar el reflector y poder limpiarlo rápidamente.

CHASIS la balasta y los capacitores se montan firmemente en la parte posterior del chasis de aluminio fundido que es el lugar más frío del gabinete para prevenir una operación óptima y asegurar una larga vida al balastro. La unidad es asegurada al brazo de montaje por medio de 3 tornillos a través de la cara vertical del chasis de aluminio fundido.

LENTE de vidrio termo templado claro, cortado de una sola pieza con un empaque de hule extruido colocado entre este y la puerta otro empaque de hule es usado en la parte baja del marco de aluminio extruido para conseguir un sello perfecto de toda la unidad.

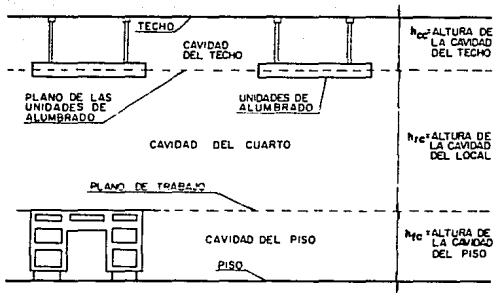


producirán una iluminación determinada promedio en todos los puntos del área considerada en un salón o cuarto. El método supone que cada local está constituido por tres diferentes zonas o cavidades. Cada una de ellas será tratada en conjunto, ya que tienen un efecto en cada una de las otras cavidades para producir iluminación uniforme. Este método calcula niveles de iluminación promedio horizontales a través de un espacio. Cuando se necesita conocer el nivel de iluminación en un punto específico, se debe usar el método de "punto por punto", del cual se hablará más adelante.

Las cavidades en las que el método de lúmen divide el local son (ver figura 3-6):

- 1) Cavidad de techo.
- 2) Cavidad de local.
- 3) Cavidad de piso.

- 1) Cavidad de Techo.- Es el área medida desde el plano del luminario al techo. Para luminarios colgantes existirá una cavidad de techo; para luminarios directamente en el techo o empotrados en el mismo no existirá cavidad de techo.
- 2) Cavidad de Local.- Es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior del luminario; el plano de trabajo se localiza normalmente arriba del nivel del piso. En algunos casos, donde el plano de trabajo es considerado a nivel de piso, el espacio desde el luminario al piso se considera cavidad del local. En el lenguaje de iluminación la distancia desde el plano de trabajo a la parte inferior del luminario es llamada "altura de montaje del luminario".
- 3) Cavidad de Piso.- Se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo, o bien, el nivel donde se realiza la tarea específica. Para áreas de oficina



NOMENCLATURA DE CAVIDAD POR ZONAS

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGÓN	
CAVIDADES DE TECHO, LOCAL Y PISO	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCÍA	
MAYO / 1991	FIGURA No 3-6

esta distancia es aproximadamente de 0.75 m. Para bancos de trabajo en industrias deberá considerarse 0.95 m., aproximadamente. Si el trabajo o tarea se desarrolla en el piso, no existe cavidad de piso.

La teoría básica en este método de cálculo de iluminación es que la luz producida por una lámpara o luminaria es reflejada por todas las superficies del área. Las reflexiones múltiples de la luz desde el luminaria y desde las superficies del local actúan para producir la luz en el plano de trabajo. Debido a este hecho es muy importante determinar:

- 1) Las dimensiones del local.
- 2) Las reflectancias del local referente a:
 - a) techo
 - b) paredes
 - c) piso
- 3) Características de la lámpara.
- 4) Características del luminario.
- 5) Efectos ambientales:
 - a) polvo y suciedad
 - b) temperatura
- 6) Mantenimiento planeado del sistema de iluminación.

Es muy importante recordar que los colores de las superficies del local tienen un gran efecto en el nivel de iluminación producido por un sistema. Usar colores claros en las paredes, pisos y techos, dará como resultado un nivel mayor de iluminación que si se usan colores oscuros.

La fórmula básica para determinar el número de luminarios necesarios para producir un nivel de iluminación deseado para un espacio conocido, es la siguiente:

$$\text{Luxes} = \frac{(\text{No.Luminarios}) \times (\text{lámparas/luminarios}) \times (\text{lúmenes/lámparas}) \times \text{L.L.D.} \times \text{C.U.} \times \text{m.f.}}{\text{Area}}$$

donde:

C.U. = Coeficiente de utilización

L.L.D. = Depreciación de lúmenes de la lámpara

m.f. = Coeficiente de mantenimiento = R.S.D.D. x L.D.D.

R.S.D.D. = Depreciación por suciedad del cuarto

L.D.D. = Depreciación del luminario

Como observamos, la fórmula requiere del conocimiento de las lámparas, luminario y factores de mantenimiento. A continuación se verán los pasos a seguir para el cálculo de iluminación, los factores que intervienen en éste y dónde encontrarlos.

- 1.- Establecer el uso que tendrá el local, características físicas: longitud, ancho, área por iluminar, altura sobre el plano de trabajo.
- 2.- Determinar el nivel de iluminación requerido según el uso del local. En la tabla 3-3 (al final del capítulo), se enlistan los niveles de iluminación mínimos mantenidos todo el tiempo recomendados por la Illuminating Engineering Society (I.E.S.) y la Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación (S.M.I.I.).
- 3.- Establecer las condiciones ambientales que prevalecerán en el área. Esto nos ayudará a determinar los efectos de polvo y suciedad que se deben tomar en cuenta. Existe una clasificación de cinco grados de suciedad, la cual se muestra en la tabla 3-4.

TABLA 3-4 CINCO GRADOS DE SUCIEDAD

	Muy limpio	Limpio	Medio	Sucio	Muy sucio
Suciedad Generada	Nula	Muy poca	Perceptible pero no alta	Se acumula rápidamente	Acumulación Constante
Suciedad Ambiente	Nula	Algo (Casi nada)	Algo de suciedad alcanza la zona.	Una gran cantidad llega a la zona.	Casi ninguna queda excluida.
Eliminación o filtrado	Excelente	Superior a la media	Inferior a la media	Sólo ventiladores o soplates si los hay	
Adherencia a la suciedad	Nula	Escasa	Suficiente para hacerse perceptible después de unos meses	Alta, probablemente debido al aceite, humedad o estática	Alta
Ejemplos	Oficinas de alto rango no próximas a zonas de producción, laboratorios, habitaciones limpias	Ofnas. edificios antiguos o próximos a los puntos de producción	Oficinas de fábricas.	Tratamientos térmicos; impresiones a alta velocidad, procesos con goma.	Similar al grado sucio pero en las luminarias dentro de la zona inmediata de contaminación.

Asimismo, se deben determinar los porcentajes de reflexión del piso, techo y paredes. En la tabla 3-5 se muestran los porcentajes de reflexión recomendados para diferentes tipos de locales.

TABLA 3-5

Reflectancias recomendadas en %					
Superficie	Oficinas	Plantas Industriales	Escuelas	Residencias	Hospitales
Techo	80 - 92	70 - 90	70 - 90	60 - 90	80 - 92
Paredes	40 - 60	30 - 60	40 - 60	35 - 60	40 - 60
Piso	21 - 39	Mínimo 20	30 - 50	15 - 35	20 - 40

4.- Seleccionar el sistema de alumbrado. Los sistemas de alumbrado se clasifican según la distribución vertical de la luz de las luminarias, como se muestra en la tabla 3-6. La selección del sistema de alumbrado para una aplicación particular depende de las características físicas del local, el tipo de trabajo a realizar y las condiciones de mantenimiento.

TABLA 3-6

Clasificación de las luminarias		
Tipo	Componente hacia arriba	Componente hacia abajo
Directa	0 - 10%	90 - 100%
Semidirecta	10 - 40%	60 - 90%
Directa-Indirecta	40 - 60%	40 - 60%
(General difusa)		
Semi-indirecta	60 - 90%	40 - 10%
Indirecta	90 - 100%	0 - 10%

- 5.- Seleccionar el luminario y la fuente luminosa a emplear. Algunos de los factores que ayudan a determinar el luminario que deberá usarse son:

Altura de montaje.

Restricciones físicas del montaje.

Mantenimiento requerido (limpieza del reflector y el reemplazo de las lámparas)

Costo, tamaño y peso.

Aspecto estético.

Para la fuente luminosa seleccionada se deben establecer sus características de operación, capacidad, color, etc.; asimismo, se deben determinar los lúmenes mantenidos o lúmenes medios (promedio) producidos por la lámpara a través de sus horas de vida (L.L.D. = depreciación de lúmenes de la lámpara).

En la tabla 2-1 se presentan las características de diferentes tipos de lámparas indicándose el valor inicial de producción lumínica (lúmenes) y la depreciación de lúmenes de la lámpara a través de las horas de vida en % (L.L.D.).

- 6.- Conocer la categoría de mantenimiento de la luminaria. Una vez determinado el tipo de luminaria a emplear, se puede conocer su categoría de mantenimiento. Este dato está determinado por el fabricante y se puede obtener de la tabla 3-9 al final del presente Capítulo.
- 7.- Determinar las relaciones de cavidad de local, techo y piso mediante la siguiente fórmula:

$$\text{relaci3n de cavidad} = \frac{5 \cdot \text{altura} \cdot (\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \cdot \text{ancho}}$$

donde:

altura = altura de cavidad de local, piso o techo.

Otra forma de obtener las relaciones de cavidad es mediante el empleo de la tabla 3-7.

R.C.R. = relaci3n de cavidad de local.

C.C.R. = relaci3n de cavidad de techo.

F.C.R. = relaci3n de cavidad de piso.

8.- Determinar las reflectancias efectivas correspondientes a las cavidades de piso y techo. Este procedimiento contempla el efecto de interreflexi3n de la luz considerando las diferentes superficies del local. En la tabla 3-8 se indican las reflectancias efectivas.

Si todas las superficies son altamente reflectivas, o si los luminarios se encuentran localizados directamente en el techo, no ser3 necesario efectuar este c3lculo. En este caso se puede usar el valor original estimado de las reflectancias de las superficies para determinar el coeficiente de utilizaci3n (C.U.)

P_{cc} = reflectancia efectiva de cavidad de techo.

P_{fc} = reflectancia efectiva de cavidad de piso.

9.- Determinar el coeficiente de utilización (C.U.). El coeficiente de utilización se encuentra en los datos técnicos proporcionados por el fabricante para el luminario que se usará (ver fig. 3.2). El coeficiente de utilización es un parámetro que nos indica qué tan eficiente es el luminario en convertir los lúmenes producidos por la lámpara en nivel de iluminación útil.

Un coeficiente de utilización de 0.80 significa que de la luz emitida por la lámpara, solamente un 80% se puede utilizar en el plano de trabajo. Esto indica que el coeficiente de utilización depende de otros factores independientes del luminario, como son las reflectancias de las superficies del local mencionadas anteriormente.

El método de cavidad zonal provee un nivel de iluminación promedio en un local, sin embargo, es válido siempre y cuando el luminario se encuentre localizado correctamente y tenga una distribución adecuada en relación a la altura de montaje y espaciamiento entre luminarios conforme a los valores recomendados.

Los fabricantes de luminarios especifican el espaciamiento máximo entre luminarios en relación a la altura de montaje, como se muestra en la figura 3.2.

Cuando no se obtenga la hoja de datos técnicos del fabricante, se puede emplear la tabla 3-9 (al final del Capítulo), en la cual se muestran los coeficientes de utilización, categorías de mantenimiento y máximo espaciamiento de varios tipos de lámparas, determinados por la I.E.S.

Para obtener un coeficiente de utilización más exacto, se puede realizar una interpolación mediante la siguiente fórmula:

$$C.U. = [(x_1 - x_2) / R.C.R.] + x_2$$

donde:

$$x_1 > x_2$$

R.C.R. = relación de cavidad del local.

La mayoría de las tablas muestran solamente un valor de 20% como reflectancia de piso, el cual es considerado un valor normal. En caso de que el valor de reflectancia sea mayor o menor del 20% se debe corregir de acuerdo con los datos disponibles en la tabla 3-10, con el objeto de seleccionar el valor apropiado del C.U.

10.- Determinar el tiempo de cambio de la lámpara. Normalmente, las lámparas se cambian cuando éstas se han fundido. Este punto se considera como uno de los factores de mantenimiento que intervienen en el cálculo de iluminación. Con el fin de obtener un dato confiable, las horas de vida de la lámpara utilizada (ver tabla 2-1), se multiplican por un valor de 0.8 ya que no todas las lámparas tienen la misma duración.

Cuando no se tiene establecido un programa de mantenimiento estricto y las lámparas se sustituyen hasta que se funden, el tiempo del cambio de la lámpara se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$\text{T.C.L.} = \frac{0.8 \times \text{horas de vida}}{\text{horas diarias de encendido} \times 30 \text{ días}} = \text{meses}$$

TABLA 3-10
FACTORES UTILIZADOS PARA REFLECTANCIAS
EFFECTIVAS DE PISO DIFERENTES AL 20 %

% DE REFLECTANCIA EFFECTIVA DE CAVIDAD DE TECHO ρ_{ce}	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Para 30% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)																	
RELACION DE CAVIDAD DE LOCAL	1.042	1.062	1.075	1.089	1.077	1.070	1.064	1.057	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.024	1.012	1.010	1.008
1	1.070	1.066	1.055	1.047	1.038	1.037	1.040	1.039	1.043	1.033	1.027	1.024	1.021	1.017	1.015	1.010	1.006
2	1.070	1.054	1.042	1.033	1.041	1.048	1.027	1.028	1.044	1.027	1.025	1.024	1.019	1.012	1.014	1.009	1.002
3	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.016	1.010	1.014	1.009	1.004
4	1.064	1.028	1.020	1.016	1.040	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.014	1.008	1.014	1.009	1.004
5	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.036	1.020	1.012	1.024	1.016	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
6	1.037	1.029	1.012	1.011	1.027	1.020	1.017	1.009	1.024	1.014	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
7	1.044	1.025	1.015	1.009	1.015	1.014	1.015	1.013	1.020	1.012	1.006	1.019	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
8	1.042	1.024	1.014	1.007	1.017	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.008	1.004	1.013	1.007	1.002
9	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.004	1.017	1.010	1.004	1.015	1.006	1.003	1.013	1.007	1.002
10																	
Para 10% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)																	
RELACION DE CAVIDAD DE LOCAL	723	729	735	743	732	739	747	749	740	740	743	773	776	777	799	797	793
1	731	742	750	756	740	749	757	763	762	766	774	770	760	765	763	771	766
2	739	751	761	773	745	757	765	773	767	771	781	775	763	772	769	772	766
3	744	758	769	781	750	763	773	780	772	780	795	786	774	781	782	782	776
4	749	764	776	795	754	768	778	787	776	783	799	791	780	789	787	787	781
5	753	769	780	805	758	772	782	791	777	786	802	792	781	791	787	787	781
6	757	773	783	808	761	776	786	795	779	787	804	793	782	791	787	787	781
7	760	776	786	813	763	777	787	796	781	789	807	794	783	791	787	787	781
8	762	778	787	814	765	779	789	798	783	790	809	795	784	791	787	787	781
9	765	780	789	816	767	781	790	799	784	791	811	796	785	792	787	787	781
10																	
Para 0% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)																	
RELACION DE CAVIDAD DE LOCAL	829	873	879	885	872	884	891	891	876	883	879	869	854	843	879	883	887
1	871	887	892	919	886	892	916	926	910	916	949	914	893	871	878	883	891
2	882	864	875	947	898	916	934	947	936	940	964	963	952	974	970	964	963
3	892	919	941	968	908	930	943	961	945	951	974	981	974	984	975	964	964
4	903	931	953	989	914	934	948	971	961	967	990	984	977	988	976	965	965
5	911	940	961	976	920	945	962	977	955	972	993	986	979	991	975	966	966
6	917	941	963	981	924	950	970	982	963	976	998	988	981	993	976	967	967
7	922	943	971	985	929	955	974	986	963	978	991	970	963	995	976	968	968
8	928	948	975	990	933	959	980	995	966	980	993	971	965	996	976	968	968
9	933	962	979	991	937	963	983	992	969	982	995	973	967	997	977	966	969
10																	

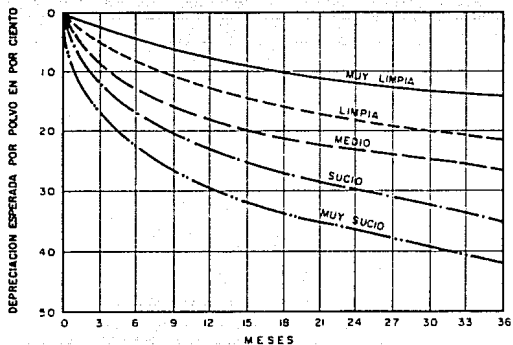
11.- Obtener el coeficiente de mantenimiento (m.f.). Este coeficiente se determina multiplicando la depreciación por suciedad del cuarto (R.S.D.D.) por la depreciación por suciedad de la luminaria (L.D.D.).

$$m.f. = R.S.D.D. \cdot L.D.D.$$

Depreciación por suciedad del cuarto (R.S.D.D.). La acumulación de polvo en las superficies del cuarto reduce el flujo luminoso reflejado en el plano de trabajo. Para tomar en cuenta ésto, se tiene previsto un factor de depreciación de las superficies por polvo, que es usado en el cálculo para mantener un promedio de iluminación.

Este factor se determina de la siguiente manera:

- a).- Una vez determinado el tipo de ambiente (muy limpio, limpio, medio, sucio o muy sucio) y el tiempo que hay entre limpieza y limpieza, con estos datos entramos a la curva de la figura 3-7 y encontramos la depreciación por polvo esperada. Por ejemplo, si tenemos una atmósfera sucia y las superficies del cuarto son limpiadas cada 24 meses, la depreciación por polvo esperada es del 30% aproximadamente.
- b).- Conociendo la depreciación por polvo, el tipo de distribución de la luminaria (directa, semidirecta, directa-indirecta, semidirecta o indirecta), y la relación de cavidad de cuarto (R.C.R.), se determina por medio de la tabla de la figura 3-7 la depreciación de las superficies del cuarto por polvo (R.S.D.D.). Por ejemplo, si la depreciación por polvo es del 30%, como en el inciso a), una luminaria que nos proporciona una iluminación directa y una relación de cuarto de 4, el factor R.S.D.D. es de 0.92



	TIPO DE DISTRIBUCION DE LA LAMPARA															
	DIRECTO		INDIRECTO		DIRECTO INDIRECTO		SEMINDIRECTO		INDIRECTO							
DEPRECIACION POR POLVO EN %	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO																
2	98	96	94	92	97	92	89	84	94	87	80	73	90	80	70	69
3	98	96	94	92	96	92	88	83	94	87	80	75	94	87	79	72
4	98	95	93	90	96	91	87	82	94	86	79	74	94	86	78	71
5	97	95	92	90	95	90	85	80	94	86	79	73	94	86	78	70
6	97	94	91	89	94	90	84	79	93	86	78	72	93	86	77	69
7	97	94	91	88	94	89	83	78	93	85	78	71	93	85	76	68
8	97	94	90	87	93	88	82	77	93	84	77	70	93	84	76	68
9	96	93	89	86	93	87	81	75	93	84	76	69	93	84	76	68
10	96	92	88	85	93	87	80	74	93	84	76	68	93	84	75	67
	96	92	87	83	93	86	79	72	93	84	75	67	92	83	75	67

FACTOR DE DEPRECIACION DE LAS SUPERFICIES DEL CUARTO POR POLVO (R. S. D. D.)

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
CURVAS PARA DETERMINAR EL FACTOR (R.S.D.D)	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 3-7

Depreciación por suciedad de la luminaria (L.D.D.).- La acumulación de polvo en la luminaria resulta en una pérdida de la emisión de luz y en consecuencia una pérdida en el plano de trabajo. Esta pérdida es conocida también como factor de depreciación de la luminaria por polvo y se determina de la siguiente manera:

- a).- Se determina la categoría de mantenimiento de la luminaria de los datos del fabricante o de la tabla 3.9.
- b).- El tipo de ambiente (de acuerdo a los cinco grados de suciedad).
- c).- Conociendo los datos de los incisos a) y b), así como el tiempo en meses de ciclo de limpieza, el factor L.D.D. es encontrado en las curvas de la figura 3-8.

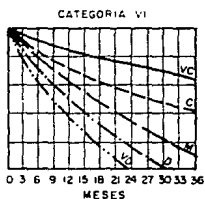
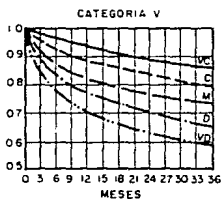
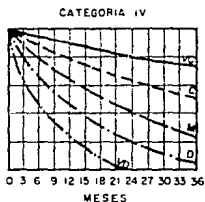
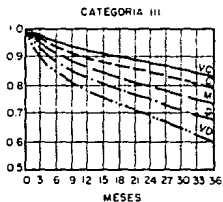
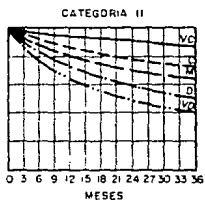
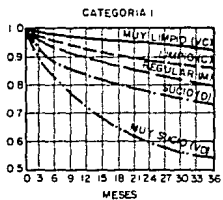
Por ejemplo, si la categoría es I, el ambiente es sucio y la limpieza se hace cada 24 meses, el factor L.D.D. es de 0.77 aproximadamente.

De esta manera, como se mencionó anteriormente, obtenemos el coeficiente de mantenimiento (m.f.)

$$m. f. = R.S.D.D. \times L.D.D.$$

12.- Por último, una vez obtenidos los datos anteriores, se procede a calcular el número de luminarios requeridos aplicando la fórmula del método de cavidad zonal:

FACTOR DE DEPRECIACION DE LUMINARIO (L. D. D.)



U. N. A. M.	
E.N.E.P. ARAGON	
CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO	
TESIS PROFESIONAL	
BAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 3-8

Área * luxes (promedio mantenido)

$$\text{No. de luminarios} = \frac{\text{Área} \cdot \text{luxes (promedio mantenido)}}{(\text{No. lámparas/luminario}) \cdot (\text{lúmenes/lámpara}) \cdot \text{L.L.D.} \cdot \text{C.U.} \cdot \text{m.f.}}$$

En la figura 3-9 se presenta una hoja de cálculo de iluminación por el método de cavidad zonal, con el objeto de concentrar toda la información requerida en un sólo documento.

Cálculo de Iluminación por el método "Punto por Punto"

Mediante el método "punto por punto" se calcula la iluminación en algún punto particular de la superficie por iluminar sin considerar la iluminación en dicho punto producida por reflexiones. Este método se basa en la ley de la inversa del cuadrado que nos indica que la iluminación es proporcional a las candelas de la fuente en la dirección dada e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente al punto (ver fig. 1-6), de donde:

$$E = I / D^2$$

E = Iluminación en el plano normal al rayo de luz (luxes)

I = Candelas de la fuente en la dirección del rayo de luz

D = Distancia en metros de la fuente al plano

1).- TIPO DEL LOCAL: _____; LONGITUD (L): _____ m, ANCHO (A): _____ m
AREA (S) = _____ m²; ALTURA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO (H): _____ m.

2).- NIVEL DE ILUMINACION (E): _____ LUX
(TABLA 3-3)

3).- AMBIENTE: MUY LIMPIO (); LIMPIO (); MEDIO (); SUCIO (); MUY SUCIO ()
(TABLA 3-4)
PORCENTAJE DE REFLEXION: PISO: _____ %; PARED: _____ %; TECHO: _____ %
(TABLA 3-5)

4).- SISTEMA DE ILUMINACION: DIRECTA (); SEMIRECTA (); DIR.-IND. ();
(TABLA 3-6) SEMI-IND. (); INDIRECTA ()

5).- CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE ALUMBRADO:
TIPO DE UNIDAD: EMPOTRAR (); SOBREPONER (); INDUSTRIAL ()

DIMENSIONES: LARGO: _____ m; ANCHO: _____ m; ALTURA: _____ m.

CAPACIDAD: _____ WATTS; TIPO: _____ COLOR: _____

No LAMPARAS: _____; VOLTAJE DE OPERACION: _____ VOLTS; DIFUSOR: _____

LUMENES: $LI = LLD \times \text{No. LAMP.}$ = _____
(TABLA 2-1)

6).- CATEGORIA DE LA LUMINARIA: _____ (TABLA 3-9)

7).- RELACIONES DE CAVIDAD: $\frac{5H(L+A)}{S}$ ó TABLA 3-7

CUARTO: _____ TECHO: _____ PISO: _____

R. C. R. = $5x \ x(+)$ C. C. R. = $5x \ x(+)$ F. R. C. = $5x \ x(+)$

8).- REFLECTANCIAS EFECTIVAS: PISO ρ_{fc} = _____ TECHO ρ_{cc} = _____
(TABLA 3-8)

9).- COEFICIENTE DE UTILIZACION C.U.: _____
 $X_1 =$ _____ $CU = \frac{X_1 - X_2}{R.C.R.} + X_2 =$ _____ + _____ = _____
 $X_2 =$ _____
(TABLA 3-9, $X_1 > X_2$)

10).- TIEMPO DE CAMBIO DE LA LAMPARA T.C.L. = $\frac{0.8 \times \text{HORAS DE VIDA (TABLA 2-1)}}{\text{HORAS DIARIAS DE ENCENDIDO} \times 30 \text{ DÍAS}}$ = MENES
 $T. C. L. = \frac{0.8 \times}{x \ 30} =$ _____ MESES

11).- COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO: $m. f. = R.S.D.D. \times L.D.D. =$ _____ = _____
DEPRECIACION POR SUCIEDAD DEL CUARTO (R.S.D.D.) = _____ (FIG 3-6)
DEPRECIACION POR SUCIEDAD DE LA LUMINARIA (L.D.D.) = _____ (FIG 3-7)

FACTOR RESULTANTE F.R. = $C.U. \times m. f. =$ _____ X _____ = _____

12).- No. DE LUMINARIAS = $\frac{E \times S}{\text{LUMENES} \times F.R.} = \frac{X}{X}$

N. L. = _____

U. N. A. M.
E. N. E. P. ARAGON

CALCULO DE ILUMINACION POR
EL METODO DE CAVIDAD ZONAL

TESIS PROFESIONAL
SAUL A. DE LA OCA GARCIA

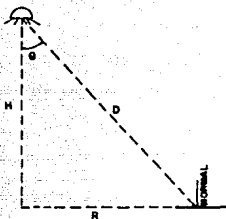
MAYO / 1991

FIGURA No 3-9

Para los casos particulares en donde se desea determinar el nivel de iluminación en el plano vertical y horizontal, se requiere aplicar las fórmulas de la figura 3-10.

Como sería laborioso calcular cada punto, se ha creado la tabla 3-11, que reduce el trabajo y se basa en valores unitarios de intensidad luminosa cubriendo varias alturas de montaje y distancias horizontales. Esta tabla se usa mediante los siguientes tres pasos:

- a).- Determine el ángulo en grados en la parte superior del cuadro.
- b).- De la curva de distribución de la fuente luminosa determine la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección particular.
- c).- Multiplique la intensidad luminosa (candelas) por el factor multiplicador, el cual se encuentra en la parte inferior del cuadro y luego divida el resultado por la intensidad luminosa (100 ó 100,000). La respuesta así obtenida es la iluminación en luxes en ese punto.

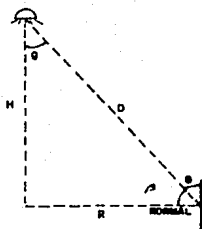


a) ILUMINACION EN EL PLANO HORIZONTAL

$$E_h = \frac{I \cos \theta}{D^2}$$

$$= \frac{I \times H}{D^3}$$

$$E_h = \frac{I \cos^3 \theta}{H^2}$$



b) ILUMINACION EN EL PLANO VERTICAL

$$E_v = \frac{I \cos \theta}{D^2} = \frac{I \cos^2 \theta}{D^2}$$

$$= \frac{I \times R}{D^3}$$

$$E_v = \frac{I \cos^2 \theta \cos \theta}{H^2}$$

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
FORMULAS BASICAS	
METODO DE PUNTO POR PUNTO	
TESIS PROFESIONAL	
SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No 3-10

**TABLA 3-II
CALCULO DE NIVELES LUMINOSOS POR
EL SISTEMA "PUNTO POR PUNTO"**

Numero superior: Angulo entre la dirección de la luz y el eje vertical.
Numero inferior: LUX sobre el plano horizontal para la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.
DISTANCIA HORIZONTAL AL PIE DE LA FUENTE LUMINOSA (m.)

		1.25	1.75	2.50	3.50	5.00	7.00	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.50	7.50	10.00	15.00	
LUX POR CADA 100 CANDILES																	
ALTURA DE LA FUENTE LUMINOSA SOBRE LA SUPERFICIE EN METROS	0.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	0.90	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	1.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	1.25	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	1.50	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	1.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	2.10	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	2.40	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	2.70	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	3.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	3.30	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	3.60	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	3.90	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	4.20	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	4.50	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	4.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	5.10	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	5.40	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	5.70	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
	6.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°	
6.30	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
6.60	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
6.90	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
7.20	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
7.50	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
7.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
8.10	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
8.40	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
8.70	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
9.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
9.30	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
9.60	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
9.90	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
10.20	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
10.50	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
10.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
11.10	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
11.40	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
11.70	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
12.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
12.30	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
12.60	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
12.90	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
13.20	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
13.50	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
13.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
14.10	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
14.40	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
14.70	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
15.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
15.30	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
15.60	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
15.90	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
16.20	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
16.50	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
16.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
17.10	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
17.40	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
17.70	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
18.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
18.30	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
18.60	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
18.90	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
19.20	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
19.50	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
19.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
20.10	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
20.40	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
20.70	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
21.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
21.30	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
21.60	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
21.90	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
22.20	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
22.50	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
22.80	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
23.10	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
23.40	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
23.70	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		
24.00	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	91°	92°	93°	94°	95°		

El nivel luminoso sobre las superficies verticales con un punto luz por punto que comprende la fuente luminosa - punto se determino usando el factor de multiplicación apropiado en la tabla de arriba. La altura de la fuente luminosa - punto sobre la tabla de distancias horizontales, etc.

TABLA 3-3
NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

	LUXES IES 95%	LUXES SM.II. 95%		IES 95%	SM.II. 95%
I. EDIFICIOS INDUSTRIALES					
ACERO (Véase Hierro y Acero)			IMPACADORAS DE CARNE		
ACUMULADORES, MANUFACTURA DE	500	300	Moladora (Pastal)	300	200
Modelado celular			Limpieza, desbarado, lavado, moladora, em-		
ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE			latado y empaquetado	1200	600
Moladora, prensa filtrada, hornos de secado,			ENCUADERNACIÓN		
vaciado y desbarado	300	200	Doblado, ensamblado, empuje, cortado, pun-		
Emballado, pintura y vidrios (trabajo bruto)	1000	600	zonado y sacado	700	400
Pintura y vidrio (trabajo final)	3000a	1700a	Grabado en relieve e inspección	2000a	1100a
AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE			ENLATADORAS DE CONSERVAS		
Ensamblaje botones	500	300	Clasificación inicial		
Ensamblaje Chasis	1000	600	Inspección	1000	600
Ensamblaje final e inspección	2000a	1100a	Otras muestras	500	300
Manufactura carrocería.			Clasificación por color (cuartos de corte)	2000a	1100a
Ensamblado			Preparación:		
Partes	1000	600	Selección preliminar:		
Acabado e inspección	700	400	Checados y ajustes	500	300
AVIONES, MANUFACTURA DE	2000a	1100a	Inspección	1000	600
Producción	1000	600	Asistidos	1500	900
Inspección	2000a	1100a	Cortado y plegado	1000	600
Acabado de piezas:			Selección final	1000	600
Taladrado, remachado y apretado de torni-			Enlatado		
llos	700	400	Enlatado en bandejas, sin fin	1000	600
CUARTO PINTURA			Enlatado estacionario	1000	600
Tratado sobre aluminio, formado partes pe-			Empacado a mano	500	300
queñas del fusorío y alas	1000	600	Accesorios	1000	600
Soldadura			Inspección de muestras enlatadas	2000a	1100a
Iluminación general	500	300	Manejo de envases		
ILUMINACION LOCALIZADA	10000	6000	Inspección	2000a	1100a
Subensamblado			Frustrado y empaquetado	300	200
Tron de serrizas, fuelles, secciones, alas			ENSAMBLADO		
y otras partes grandes	1000	600	Toma, fácil de ver	300	200
ENSAMBLADO FINAL			Toma, difícil de ver	500	300
Colocación de motores, hélices, secciones ala			Medio	1000	600
y tron de serrizas	1000	600	Fino	5000	1000
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600	Estreño	10000	6000
Reparación con máquinas herramientas	1000	600	ENSAYOS O PRUEBAS		
ASERRADEROS			General	500	300
Clasificación de la madera	2000	1700	Instrumentos, extraños, escalas, etc.	2000a	1100a
ATUCAS, REFINERIAS DE			EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE		
Clasificación	500	300	Impermeado	500	300
Inspección color	2000	1100	Aislado, embobinado	1000	600
CAJAS DE CARBON, MANUFACTURA DE			Pruebas	1000	600
Alas general de manufactura	500	300	ERECTORAS DE ACERO, MANUFACTURA	500	300
CARBON, VERTEDORES DE			EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE	300	200
Quemadores, curados e limpiado	100	60	FORJADOS, TALLERES DE	500	300
Selección	3000	1700a	FUNDICIONES		
CARPINTERIAS			Templado (Hornos)	300	200
Trabajo bruto de banco y sierra	300	200	Limpido	300	200
Enclavo, cepillado, liado, trabajo de me-			Mezcla de coronas		
diana calidad en máquinas y banco	500	300	Fines	1000	600
Trabajo fino de máquina y banco, liado y			Medios	500	300
acabado fino	1000	600	Inspección:	5000a	3000a
CERVEZERAS, INDUSTRIAS			Mediana	1000	600
Elaboración y lavado de barriles	300	200	Molde:		
Llenado (de barriles, latas, barriles)	500	300	Mediana	1000	600
CUARTOS DE CONTROL (Véase Plantas Ge-			Grande	500	300
neradoras)			Colado	500	300
DULCES INDUSTRIAS			Selección	500	300
Departamento de Chocolate			Cubierta	200	100
Desecado, selección, extracción, de acei-	500	300	Demolida	300	200
te, muestreo y refinado, etc.			GALVANOPLASTIA	300	200
Limpieza del grano, selección, tamizado,	500	300	CARACAS AUTOMOVILES Y CAMIONES		
empaquetado y envoltura	1000	600	Taller de Servicio		
Moladora			Reparaciones	1000	600
Elaboración de crema:			Otras actividades de tráfico	200	100
Mezclado, cocción y moldeado	500	300	Garajes para estacionamiento		
Pastillas de goma y jales	500	300	Entrada	500	300
Distribución no mano	1500	600	Espacio para circulación	10	10
Carnes:			Espacio para estacionamiento	50	50
Mezclado, cocción y moldeado	500	300	GRANJAS		
Corte y selección	1000	600	Establo y Gallinero	100	100
Elaboración de peses y envoltura	1000	600	GRABADO (CERA)	2000a	1100a

TABLA 3-3 (CONTINUACION)

	1958 1958	1961 1961		1958 1958	1961 1961
QUINTAS, MANUFACTURA DE			LAVADO Y PLANchado, INDUSTRIAS DE:		
Planchado y corteado	3000	3000	Chado y selección	800	800
Tefido y clasificado	1000	800	Lavado en seco, humedo y vaporizado	800	800
Control de inspección	3000	3000	Comunicación y demarcación	8000	8000
MANGABES			Componentes y modificaciones	3000	1100
Servicio de reparación Ginkemann	1000	600	Planchado	1800	900
HIERO, FABRICAS DE			LAVANDERIAS		
Cuerpo de compresores y máquinas	300	100	Lavado	300	300
HIERRO Y ACERO, MANUFACTURA DE			Planchado de blancos, pasado, hacer lotes, marcados	800	800
Hornos de hogar caliente			Planchado a máquina y selección	700	600
Parte de almacenaje	100	60	Planchado fino a mano	1000	600
Piso de carga	300	100			
Rebelderos de voladros	200	100	LIANTAS DE HULE Y CAMARAS:		
Fusos de acero	300	200	MANUFACTURA DE		
Plataformas de control	300	200	Preparación materia prima:		
Parte de molinos	80	30	Plastificación, molinado y Banbury	300	300
Almacenamiento de caladas	100	60	Frenado en caladas	800	300
Bodega de pesade	100	60	Preparación de la tela		
Reparaciones	300	200	Corteado y construcción de cosas	800	800
Peso de desmolde	300	100	Máquinas para los cables y reguladores	800	800
Peso de Charro	100	60	Construcción de liantas		
Esfuerzo de mezcla	300	200	Límites, salidas	300	300
Esfuerzo de Cálculación	100	60	Liintas neumáticas	800	800
Bala rompedora	100	60	Departamento de vulcanización		
Molinos de laminación de:			Cámaras y liantas	700	600
lingotes, planchas, soleras y láminas en caliente	300	200	Inspección final	3000	1100
Laminación en frío de placas	300	200	Envolves	800	300
Tubo, varilla alambón	800	300	MOLINOS DE MARINA		
Plano estructural y planchas	300	200	Bancho, cardadores, purificadores	200	200
Molinos de laminación de hojalata:			Empaque	300	300
Estado y galvanizado	800	300	Control de producción	1000	600
Laminación en frío	800	300	Limpieza, cardadores, andenes, tolvas	800	300
Cuerpo de motores y máquinas	300	200	PAN, INDUSTRIAS DE		
Inspección:			Cuerpo de molienda	800	300
Tebaleros de lámina negra, lingotes y bi-letes	1000	600	Cuerpo de fermentado	300	300
Hojalata y otras superficies brillantes	1000	600	Formado		
HULE, PRODUCTO DE			Pan blanco	300	200
Preparación de la materia prima:			Pastelitos y pan dulce	800	300
Plastificación, molinado y Banbury	300	200	Cuerpo de horno	300	300
Frenado en caladas	500	300	Balano y otras herramientas	800	300
Preparación de la tela			Decorado		
Corteado y tubos flexibles	500	300	Máquina	800	300
Productos por extrusión	800	300	Manual	1000	600
Productos moldeados y vulcanización	800	300	Silicatos y termómetros	800	300
Inspección	3000	1100	Envolves	800	300
JABONES, MANUFACTURA DE			PIEL, MANUFACTURA DE		
Pasta, corte, sacamos de jabón y detergentes en polvo	300	200	Bastidores, molinos, caladores	300	300
Traqueado, envoltura y empaque, llenado y detergentes en polvo	500	300	Acabado, corteado, recorte y máquinas para hacer el papel	800	300
LACTEOS, PRODUCTOS			Corteado y mano, lago humedo de al máquina de papel	700	400
Industria líquida			Carrete máquina de papel, inspección y laboratorio	1000	600
Cuerpo marmitas y almacén botellas	300	200	Enrollado	1800	900
Botellas	500	300	PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS)		
Lavadoras botellas	300	200	Limpieza, curtido y estrado, pelis	300	200
Lavadoras lanas	300	200	Curtido, descurtido y secado	500	300
Equipo refrigeración	300	200	Acabado	1000	600
Llaves, inspección	1000	600	PIEL, TRABAJO SOBRE		
Manómetros y tableros de medidores (sobre cerámica)	500	300	Planchado, trasteado y barnizado	2000	1100
Laboratorios	1000	600	Clasificación, líquido, corteado y cosido	3000	1700
Parte-ajustadores	300	200	PIEDRA, TRITURADO Y CERENDO DE		
Separadores y cuernos refrigerados	300	200	Transportadores de bandas, espaldas de des-tergo del tipo, serie de fabricacion de los depósitos		
Traque, cubas	800	300	Cuerpo de quebradores primarios, quebradores secundarios de los depósitos	100	60
Termómetros (sobre cerámica)	500	300	Calentadores	200	100
Carrero para pesar (iluminación gas)	300	200	PINTURAS, MANUFACTURA DE		
Bicicletas	700	400	Luminación general	300	300
LANTAS DE HIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:			Comparación de los metales con los metales e pinturas	2000	1100
Presses, guilanes, troqueladores, trabajo me-dano de banco	500	300	PINTURAS, TALLERES DE		
Purificador y recastado	800	300	Pintura por inyección o baño con pintura de alta, esmalte a fuego	800	600
Inspección estado y galvanizado	2000	1100			
Trazado	2000	1100			

TABLA 3-3 (CONTINUACION)

	1.E.S. 99%	S.M.I.L. 95%		1.E.S. 99%	S.M.I.L. 95%
Fuente, pintura ordinaria a mano y decorada, método especial y con planillo	500	300	TABACO, PRODUCTOS DE		
• • • • • de pinturas a mano	1000	600	Escapa, desmenuzadora (iluminación general)	200	200
• • • • • abase fino	30000	17000	Clasificador y selección	20000	11000
• • • • • trabajo extra fino (tercerías, planillo)			TALLERES MECANICOS		
PLANTAS GENERADORAS			Trabajo bruto de maquinaria y banco	500	300
Equipo de acondicionamiento de aire, prensa laminadora y piso de ventiladores, esclusas de control	100	60	Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado bruto, pulido mediano	100	600
Auxiliares, sets de acumuladores, bombas, acumuladores de relés, tanques, compresores y áreas de mandamientos	200	100	Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	40000	30000
Plataformas calderas	100	60	Trabajo extra fino de maquinaria y esmerilado fino	100000	60000
Plataformas quemador	200	100	TALLERES TEXTILES ALGODON		
Cuanto de cables, nave de bombas o circuladores	100	60	Abridoras, mezcladoras, batientes	200	200
Transportador carbón, cuadrado, alimentadores, básculas, pulverizador, áreas de ventiladores, torre de transferencia	100	60	Caldas y estradoras	500	300
Comandantes, piso de arrastres, piso esparcedor y piso laminadores	100	60	Fabricadoras, telares, teleros y calzadores (enladrados y engomados)	500	300
Cuanto de control			Telas crudas	200	300
Superficie vertical de los telares "Simplex" o sección del "Duplex" cuando hace el operador			Merzulas	1500	900
• • • • • Tipo A—Cuanto de control largo, 178 cms., sobre el piso	500	300	Telas crudas (rotadas a mano)	1000	600
• • • • • Tipo B—Control de cuanto ordinario, 170 cms., sobre el piso	200	200	Acido automático	15000	9000
• • • • • Sección de "Duplex" cuando desde cualquier ángulo	300	200	Telares	20000	11000
• • • • • Punto de distribución (nivel horizontal)	500	300	TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE		
• • • • • Areas dentro de los telares "Duplex"	100	60	Abridoras, mezcladoras y batientes	200	200
• • • • • Parte posterior de cualquiera de los telares (vertical)	100	60	Clasificadas	10000	6000
• • • • • Almacenaje de emergencia en cualquier área telares despachadores	500	300	Cárdigos, pañeteo y repaqueteo	200	200
• • • • • Plano horizontal (nivel de la mesa)	500	300	Entrada	200	200
• • • • • Superficie vertical del telero (1 2) M. sobre el piso cuando hacia el operador	500	300	Hilo blanco	200	200
• • • • • Cuanto despachador sistema de carga	500	300	Hilo de color	1000	600
• • • • • Cuanto despachador secundario	300	200	Teleros	800	300
• • • • • Area para tanques de hidrogeno y bridas de carbono	200	100	Desenreda:		
• • • • • Laboratorio químico	800	300	Hilo blanco	200	200
• • • • • Precipitadores	100	60	Hilo de color	1000	600
• • • • • Casa de repites	200	100	Tarjetas	800	300
• • • • • Plataforma, sopladores de hollin a escoria	100	60	Desenreda:		
• • • • • Calentado para vapor y sulfuro	100	60	Hilo blanco	200	200
• • • • • Cuanto de intercambiadores de potencia	200	100	Hilo blanco (en el peine)	1000	600
• • • • • Cuanto para equipo telares	200	100	Hilo de color	1000	600
• • • • • Tómbos o gabinetes para tubería	100	60	Hilo de color (en el peine)	30000	17000
• • • • • Subestacion (parte inferior turbina)	200	100	Urdidoras	700	400
• • • • • Cuanto de turbinas	300	200	Cuando	30000	17000
• • • • • Area para tratamiento de agua	200	100	Debidado	200	200
• • • • • Plataforma para visitantes	200	100	Arabado húmedo	500	300
PLANTAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA			Tañido	10000	6000
Mareas manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios	300	200	Arabado en seco:		
Mareas mecánicas, generadores y destiladores, secadoras mecánicas, evaporadores, Bismarck, cristalizadores matricés, domos de tanques para cocción, extractores, coladores, contrabancos, teleros, etc.	300	200	Desapilado, acondicionamiento y planchado	700	600
BOMBEROS, MANUFACTURA DE			Curado	1000	600
Soldado, hornos de galvanizado, laminado y rodado	1000	600	Inspección	30000	11000
Formado, calibrado, realizado, terminado y planchado	20000	11000	Debidado	700	600
Coidal	30000	30000	TALLERES TEXTILES SEDA Y SINTETICOS.		
SOLDADURA			Manufactura:		
Suministro general	200	200	Banquillo, telado fugas y preparación de tejidos	300	200
Soldadura Manual de precisión con arco	100000	60000	Debanada, torcedo, torcedora y surtidos, forcido de torsión, engomados		
			Hilo claro	500	300
			Hilo obscuro	2000	1100
			Urdidoras (sede)		
			En estirado, fajas de carrera, devanadora, lavadora y plegadora	1000	600
			Reposo en hilo y en el peine	30000	11000
			Tañido	1000	600
			TAFICERIA DE AUTOMOVILES		
			MURBRES, ETC.	1000	600

TABLA 3-3 (CONTINUACION)

	LES	SM/11		LES	SM/11
	99%	95%		99%	95%
TELA PRODUCTOS DE					
Inspección tela	2000c	1000c			
Corte	300c	2000c			
Cefura	800c	2000c			
Plianchado	3000c	2000c			
TIPOGRAFICAS INDUSTRIAS					
Fundición de tipo					
Manufactura planetas, acabado de tipo	100c	600			
Preparación de tipos, selección	500	300			
Fundición	300	300			
Impresión					
Impresión de colores	3000c	1100c			
Líneas y colores	600	1000			
Planetas	700	400			
Mesa de formación	1500	900			
Corrección de pruebas	1500	900			
Electricidad					
Maquinado, acabado, acabado, nivelado, medidas, corte	1000	600			
Galeroplastia	300	300			
Fotografía					
Grados al color y montaje	500	300			
Maquinado, acabado, pruebas, empuje	1000	600			
VIDRIO, FABRICAS DE					
Corte de vidrios y mesillas, prensado, medidas, acabado y limpieza	300	300			
Empuje, corado, lavado	300	300			
Empuje, fro. lavado, pulido	1000	800			
Inspección, lavado y desmontaje	2000c	1100c			
ZAPATOS DE MUJER					
MANUFACTURA DE					
Ceido, recubrimiento, maquina de impresión	300	200			
Barnizado, lavado, lavado, lavado, lavado					
parte superior y suela	500	300			
Soportes de suela, proceso de hecho y acabado	1000	600			
ZAPATOS DE HOMBRE					
MANUFACTURA DE					
Corte y corte	3000c	1700c			
Maquinado, lavado, lavado, lavado, lavado					
remontado y acabado	3500c	1700c			
Corte	500	300			
Maquinado, lavado	3000c	2000c			
Maquinado, lavado	2000	1100			
2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS					
AUDITORES					
Para edificios	300	200			
Para escuelas	150	100			
Para actividades sociales	50	50			
BANCOS					
Vestibulo (iluminación general)	500	300			
Pagadores, contadores y recibidos	1500	900			
Gerencia y Correspondencia	1500	900			
BIBLIOTECAS					
Sala de lectura	700	400			
Archivos	300	200			
Reparación de libros	300	200			
Asientos y estanterias	200	400			
Mesa (maquinado de salidas y entradas de libros)	700	400			
CENTRAL DE BOMBEOS					
(Véase Edificios Municipales)					
CLUBES					
Sala de descanso y de lectura	300	200			
COMERCIO					
Vestibulos sobre mesas	300	200			
Correspondencia, selección etc	1000	600			
CORTES DE JUSTICIA					
(O TRIBUNALES)					
Mesa de espera (publita)	300	200			
Mesa de actividades propias de la corte	700	400			
EDIFICIOS MUNICIPALES					
BOMBEOS Y POLICIA					
Archivos de identificación	1500	900			
Caldas y cuartos para refrigeradores	300	200			
Bombas					
Dormitorios	300	100			
Sala recreativa	300	200			
Garaje carros bomba	300	200			
ESCUELAS					
Salones de clase	700	400			
Salones de dibujo (sobre escritorio)	1000c	600			
Lectura de movimientos de labios					
(ordenadores de lecturas, copias)	1500c	900c			
GALERIAS DE ARTE					
Iluminación general	300	200			
Sobre pinturas (localizado)	300	200			
Sobre estatuas y otras exhibiciones	1000c	600c			
IGLESIAS					
Alter recibidos	1000c	600c			
Coro (iluminación)	300c	200c			
Pulpito (iluminación adicional)	500c	300c			
Nave principal de la iglesia (iluminación general)	150c	100c			
Ventanas empalmadas	500	300			
Color blanco	1000	600			
Color mediano	1000	600			
Color oscuro	500	300			
Verdadero (ver de Arde)	10000	6000			
MERCADOS					
Balcales y Cuartos de almacenamiento					
Activos	200	100			
Inactivos	50	50			
Comercios, Bancos, Papelerías	300	200			
Casinos (Artes de trabajo)	100	50			
Comedores	300	200			
Cuartos de maquinas	300	200			
Ferrocarril y Acceso de electricidad	300	200			
Lavaderos para vehículos y partes	500	300			
Muebles, vestidos y zapaterías	500	300			
Muebles y artículos para el hogar	500	300			
Facerías, frutas y legumbres	300	200			
Plataformas de carga	200	100			
Servicio y partes	100	100			
Ventanas, frutas, flores y partes	500	300			
MUSEOS (Véase Galerías de Arte)					
OFICINAS					
Proyectos y diseños	2000	1100			
Comodidad, auditorio, maquina de contabilidad	1500	800			
Vestidos, escritorio de oficina, selección de correspondencia, escritorio activo o pasivo	1000	600			
Archivos, correspondencia o desordenado	700	400			
Sala de conferencias, entrevistas, sala de reunión, archivos de correo etc. (ver las áreas en las cuales no se incluye la fijación de la sala en forma de oficina)					
PELUCERIAS Y SALONES DE BELLEZA	300	200			
RESTAURANTES Y CLUBES	1000	600			
Sala de espectáculos					
Durante el espectáculo	50	50			
Vestibulo	1	1			
Sala de recepción	100	100			
Sala de terraza (verve)	50	50			
TERMINALES Y ESTACIONES					
Sala de espera	300	200			
Oficina de billetes	1000	600			
Oficina de trabajo, equipaje	500	300			
Vestibulos	100	60			
Andenes y Plataformas	200	100			
3. HOSPITALES					
Sala de preparación y entrega	300	200			
Autopista y Ambulancia					
Mesa de autobuses	15000	14000			
Sala de autobuses (iluminación general)	1000	600			

TABLA 3-3 (CONTINUACION)

	IES 90%	SM II 95%		IES 90%	SM II 95%
Antifaz (iluminación gral)	200	100	Sala de espera	300	200
Central de instrumentos esterilizados	300	200	Cuadro enfería	200	100
Iluminación general	1500	900	Puente de enfermeras		
Afilado agujas	1500	900	Iluminación general	200	100
Sala de Cistoscopia	1070	600	Estrófano	500	300
Iluminación general	1500	1400	Mostrador para medicinas	1000	600
Mesa Cistoscópica					
Sala dental	300	200			
Cuadro de espera	700	400			
Cirugía dental (iluminación gral)	1000	600			
Sala dental	1000	600			
Laboratorio (banco de trabajo)	1000	600			
Sala de recuperación	50	20			
Sala de electroencefalogramas					
Oficina	1000	600			
Cuadro de trabajo	300	200			
Sala de espera	300	200			
Sala de emergencia	1000	600			
Iluminación general	2000	1200			
Iluminación localizada					
Sala de electrocardiogramas de meshelismo y de muestras	200	100			
Iluminación general	500	300			
Mesa de muestras					
Salas de recuperación y tratamiento					
Iluminación general	500	200			
Mesas de reposamiento	1000	600			
Sala para ojos, oídos, nariz y garganta					
Cuadro obscuro	100	60			
Cuadro de recuperación y tratamiento	300	200			
Sala de fracturas					
Iluminación general	500	300			
Mesa de fracturas	2000	1100			
Laboratorio					
Cuadro de ensayo	300	200			
Mesas de trabajo	300	200			
Trabajo más preciso	1000	600			
Vestibulo	200	200			
Salas de reposo	300	200			
Cuadro para analizar historias clínicas	1000	600			
Sala de Rayos X					
Radiografía y fluoroscopia	100	60			
Tarapa superficial y profunda	100	60			
Cuadro obscuro	100	60			
Sala para ver placas	300	200			
Anchuras, revelado	300	200			
Cuadro de blancos	100	60			
Guardería infantil					
Iluminación general	100	60			
Mesa de reposamiento	700	400			
Cuadro de juego, pediatría	300	200			
Osteometría					
Cuadro de impresos (instrumentos)	300	200			
Sala de preparación	100	100			
Sala de partes (iluminación gral)	1000	600			
Mesa para partes	2500	1400			
Farmacéutica					
Iluminación general	300	200			
Mesa de trabajo	1000	600			
Almacén activo	300	200			
Cuadros pintados y salas comunes					
Iluminación general	100	60			
Iluminación localizada (lectura)	300	200			
Área para desequilibrados mentales	100	50			
Tratamiento con radiogramas reactivos					
Laboratorio radiológico	300	200			
Cuadro de reposamiento	500	300			
Cirugía					
Cuadro de impresos (instrumentos)	1000	600			
Sala de operaciones, iluminación general	1000	600			
Lavabo de cirugía	300	200			
Mesa de operaciones	2500	1400			
Sala de restablecimiento	300	200			
Tratamiento					
Físico	200	100			
Ocupacional	200	200			

4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS

	IES 90%	SM II 95%
AUTOMOVILS, SALAS DE ENAMBICION		
(Veaie tiendas)		
CASAS (para las oficinas)		
Alumbrado nocturno		
Zonas comerciales principales		
General	3000	1100
Atracciones principales	10000	4500
Zonas comerciales secundarias		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
COCHAS, mesa restaurantes o residencias		
ESCAPARATES o		
Alumbrado diurno		
General	1000	600
Atracciones principales	5000	2000
GASOLINERAS		
Área de servicio	300	200
Cuadro de ventas	500	300
Escritorio	1000	600
Recepción		
Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	300	200
Administración	500	300
Vestibulo		
Área de trabajo y lectura	300	200
Iluminación general	100	100
Mesa mesa	100	100
JOPER A Y MICHES MANUFACTURA DE	2000	1000
RESIDENCIAL		
Tarapa o cuadro especiales (1)		
Juegos de mesa	300	200
Cocina (sobre refrigerador y otra superficie de trabajo)		
Lavadero mesa de planchado	500	300
Cuadro de estudio sobre escritorio	700	400
Cuadro	1000	600
Iluminación general		
Entradas, hall, escaleras y descenso de escaleras	1000	600
Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de retiro o sueño	1000	600
Cocina lavandería cuarto de baño	300	200
RESTAURANTES Y CAFETERIAS		
Área de comedor		
Cafetería		
Del tipo íntimo		
Con ambiente ligero	100	60
Con ambiente acogedor	30	30
Del tipo ordinario		
Con ambiente ligero	300	200
Con ambiente acogedor	150	100
Del tipo servicio rápido		
Cocina		
Inspección arreglado y precio	700	400
Mesa áreas	300	200
SALONES DE BAILES	50	30
TIENDAS (a)		
Área de circulación	300	200
Área de mercancías		
Con servicio de vendedores	1000	600
Autoservicio	2000	1100
Mostradores y vitrinas en muro		
Con servicio de vendedoras	2000	1100
Autoservicio	3000	2000

TABLA 3-3 (CONTINUACION)

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%	I.E.S. S.M.I.I. 95%
Averías principales			
Con servicio de vendedores	3000	3000	
Amortización	10000	4000	
5. AREAS COMUNES			
BOGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO	50	50	
Inactivas	50	50	
Activas			
Pesas nuevas	100	60	
Pesas medianas	300	100	
Pesas finas	300	300	
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJEROS	200	100	
ESCALERAS	200	100	
PASILLOS Y CORRIDORES	200	100	
BANOS Y TOCADORES			
(Iluminación general)	100	60	
Isótopo	300g	300g	
<p>Dado que en el curso de 10 años, los niveles de iluminación recomendados por el I.E.S. para Almacén Exterior, Areas Deportivas y transportes, prácticamente no han variado habiendo demostrado durante su larga buena experiencia en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A. C. - Illuminating Engineering Society - Mexico Chapter, aprobó recomendar los mismos niveles de iluminación, teniéndose presente que los lugares en que se aplican, son servicios públicos y en el caso de los especificados, son de uso de posta y hospitales de viajeros.</p>			
6. ALUMBRADO EXTERIOR			
ALUMBRADO DE PROTECCION			
Alrededores de áreas activas de embarque	50	50	
Alrededores de edificios	10	10	
Areas de almacenamiento activas	300	300	
Areas de almacenamiento inactivas	10	10	
Entradas			
Activas (portones y/o transportes)	50	50	
Inactivas (normalmente cerradas no usadas con frecuencia)	10	10	
Limites de protección			
Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (Reflectores de dentro hacia afuera)		1.3	
Técnicas de iluminación general			
Iluminación general áreas inactivas	2	2	
Plataformas de carga y descarga	200	200	
Ubicaciones y estructuras de importancia	50	50	
ASTILLEROS			
Iluminación general	50	50	
Caminos, senderos	100	100	
Area de construcción	300	300	
BANDEJAS, ILUMINACION CON PROYECTORES			
(Vestas tejedoras para boletines y Cordeles)			
CALLES			
CAMINOS	4	4	
CANTEIRAS	50	50	
CARBON, PATIOS PARA (de protección)	2	2	
CARRETERAS	4	4	
DRAGADO	30	30	
EDIFICIOS			
Construcción general	100	100	
Tubos de extracción	20	20	
ESTACIONAMIENTOS	50	50	
FACHADAS DE EDIFICIOS Y ANEXOS			
Iluminación con proyectores			
Alrededores brillantes			
Superficies claras	150	150	
Superficies medio claras	200	200	
Superficies medio oscuras	300	300	
Superficies oscuras	500	500	
Alrededores oscuros			
Superficies claras	50	50	
Superficies medio claras	100	100	
Superficies medio oscuras	150	150	
Superficies oscuras	300	300	
FERROCARRIL, PATIOS DE			
De recepción			
Clasificación			
GASOLINERAS			
Alrededores brillantes:			
Acceso	30	30	
Calzada para coches	50	50	
Areas bombas de gasolina	300	300	
Fachadas edificios (de vidrio)	300	300	
Area de servicio	70	70	
Alrededores oscuros:			
Acceso	15	15	
Calzadas para coches	15	15	
Areas bombas de gasolina	200	200	
Fachadas edificio (de vidrio)	100	100	
Area de servicio	30	30	
JARDINES (a)			
Iluminación general	5	5	
Senderos, escalones, lejanos de la casa	10	10	
Parte posterior de la casa, baldes, paredes,	20	20	
árboles, arbustos			
Flora, arboles entre rocas	30	30	
Arboles y arbustos, cuando se quieren hacer destacar	50	50	
MADERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE			
MUJILES	100	100	
PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)	200	200	
PLANTAS GENERADORAS			
Pasarelas	20	20	
Tubos de cenizas	1	1	
Desagüe de carbón	5	5	
Banda (Zona de carga y descarga)	1	1	
Area almacenamiento chatas	5	5	
Vehículo de carros	5a	5a	
Vehículo	1	1	
Area de almacenamiento de carbón	1	1	
Transportadores	20	20	
Entradas:			
Edificio de servicio o generación			
Principal	100	100	
Secundaria	20	20	
Casas de computos			
Entrada transportadores	100	100	
Carga o almacenamiento	50	50	
Colectores de entrega del aceite combustible	5	5	
Tanque de almacenamiento aceite	10	10	
Punto de distribución	5	5	
Plataformas Caldera, cubiertas de turbinas	50	50	
Caminos:			
Entre o a lo largo de los edificios	10	10	
Que no estén bordeados por edificios	5	5	
Subestación:			
Iluminación general horizontal	20	20	
Iluminación vertical especifica (sobre descargadores)	20	20	
PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA			
Interior de los furgones	100	100	
PRESIDIO, PATIOS DE			
TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS			
Alrededores brillantes			
Superficies claras	500	500	
Superficies oscuras	1000	1000	
Alrededores oscuros			
Superficies claras	200	200	
Superficies oscuras	500	500	
7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS			
ALBERCA			
Iluminación general desde la planta alta	100	100	
Bajo el agua:			
Exterior	4	4	
Interior	1	1	









TABLA 3-3 (CONTINUACION)

	123	123	123	123
	S.M.I.I.	S.M.I.I.	S.M.I.I.	S.M.I.I.
	LUFES	LUFES	LUFES	LUFES
ARQUERIA				
Blanca			factor determinante que debe tomarse en	
Torneo	100		cuenta para, lo cual se da la siguiente cla-	
Recreativo	30		si-ficación: Clase I para más de 30 000 espec-	
Línea de tiro			tadores Clase II de 10 000 a 30 000 espec-	
Torneo	100		tadores Clase III de 5 000 a 10 000	
Club	30		espectadores y Clase IV para menos de 5 000	
			espectadores	
BADMINTON			GIMNASIOS (Ejerciceo a deportes específicos	
Torneo	300		enumerados en forma separada)	300
Club	300		Educación secundaria	300
Recreativo	100		Para recreación y actividad general	100
BASIBALL	Jardines	Cuadro	Asambleas	100
Ligas mayores	1800	1800	Baños	30
Ligas AA y AAA	300	330	Regadores y vestidores	100
Ligas A y B	330	300	GOLF, CAMPOS DE PRACTICA	
Ligas C y D	300	300	Iluminación general sobre los "tees"	100
Ligas semi-profesionales y regionales	180	300	A. y B.S. 4x6	30
Liga menor (Clase I y Clase II)	300	400	Práctica en los "greens"	100
Sobre sustrato, durante juego	30		HOCKEY SOBRE HIELO	
Sobre sustrato antes y después del	30		Universitario o profesional	300
BASKETBALL	Jardines	Cuadro	Liga amateur	100
Universitario y profesional	500	500	Recreativo	100
Donde de Colegios y Secundarias, con es-			PÁRTIDAS	
pectadores	300		Pista para patines de ruedas	30
Recreativo (señalar)	200		Pistas para patinar sobre hielo (interior o	
BELLES (sobre mesa)	100		exterior)	30
Torneo	300		Capas, estantes o áreas inundada	10
Recreativo	100		PING-PONG	
Área general	300		Torneo	300
BOLCHES			Club	300
Mesas			Recreativo	200
Torneo	300		PLAYAS	
Recreativo	100		En tierra	10
Papas	300		A 50 Mts. o e's desde ten war,	30
Torneo	300		PLAZA DE TOROS	
Recreativo	300		En el ruedo	1000
BOE O LUCHA (ring)			Pañales, toallas, pelotas, grades	50
Compañero	3000		SHUFFLE BOARD	
Profesional	2000		Torneo	100
Amateur	1000		Recreativo	5
En asientos durante el encuentro	30		SKIS BANCA DE PRACTICA	
En asientos antes y después del encuentro	30		SOFTBALL	Jardines Cuadro
CARRERAS			Profesional y de compañía	300 500
De motor (autos, camionetas o motocicletas)	200		Semi-profesional	300 300
Bicicletas	200		Ligas Industriales	150 200
Carreras	200		Recreativo	75 100
Papas	300		TENNIS	
CROQUET			Torneo	300
Torneo	100		Club	200
Recreativo	30		Recreativo	100
FRONTENIS				
Profesional	1000		B ALUMBRADO DE TRASPORTES	
Aficionados	730		AEROPUERTOS	
Sobre sustrato	50		Plataforma frente Navegación	10
FRONTON O CESTA			Plataforma frente a Silla de la terminal	5
Profesional	1500		Área de estacionamiento	30
Aficionados	1000		Área de carga	30
Sobre sustrato	100		AUTOLUISAS	
FRONTON A MANO			Urbano	300
Torneo	300		Ferriero	150
Club	300		AUTOMOVILES	
Recreativo	100		Sobre placas	5
HOCKEY SOBRE Y AMERICANO			AVIONES	
(Indice. Duración de la línea de banda a 60			Camionamientos pasajeros	
más alejado de espectadores)			Iluminación general	30
Clase I más de 30 lbs.	1000		Lectura (en asientos)	200
Clase II entre 15 y 30 lbs.	500		BARCOS	
Clase III entre 9 y 15 lbs.	300		Comedores	300
Clase IV menos de 9 lbs.	200		Libros, sobre plano de lectura	150
			Espejo, sobre cara	300
			Baños	30
			Pañales y correa de	30
			Escaleras	

TABLA 3-3 (CONTINUACION)

	U.S. LUXES \$MILL		U.S. \$MILL LUXES
Pasajeros	100	Imprenta	300u
Tripulación	30	Serrería	300u
Entrada pasajeros	100u	Oficinas postales	300u
Salas de desatraso, pasajeros y oficiales	100u	Vestidores	30
Cuartos de esparcimiento tripulación	200	Central telefónica	100u
Sobre mesas	300	Cuanto para almacén	30
Comedor pasajeros	100u	Áreas de operación	
Salón comedor, oficiales y tripulación	100	Cuanto máquinas (áreas de trabajo)	100u
Sobre mesas	150	Cuanto Calderas (áreas de trabajo)	100u
Bibliotecas	100	Cuanto ventiladores	50
Para lectura	300	Cuanto grupos Motor-Generador	30
Salones fumadores	5u	Cuanto de generación y tablero de control	100
Cubiertas cerradas	100	Cuanto de manticargas	30
Fuoguaria y salón de belleza	200	Tableros de control, iluminación vertical.	
Sobre la persona	500	Para año	300
Salones de Escritura y Carrera	150	A 90 una desde el bus	100
Salón de baño	50u	Cuanto del mecanismo del tándem	50
Piscinas, plazas interiores	100u	Tablero de medición y control (iluminación vertical)	10
Tendidos	200u		
Teatros			
Durante el espectáculo	1		
Intermedio	50	Sobre médicos	300
Comisariato	200	Túnel del eje	30
Hospital:		Bodega seca para cargamento (Unidad de Ilumina permanente)	10u
Sala de operaciones	500u	Carga y descarga de cargamento refrigerado	30u
Sala dental	300u	Teñidos	200
Diagnóstico	300u	Sobre trabajo	300
Sala de anestésicos	50u	Escrituras de la bodega	
Cafetería doctor	200u	Área sobre escritorio	50
Sala de espera	100u	Área adyacente a la cubierta	30
TIRO AL BLANCO		CARROS DE FICC PARA COBRIO	
Sobre el blanco	300u	Bultos de correo y cajas para cartas	300
Línea de tiro	100	Almacén correo	150
Área sistema	50	CARROS DE FICC PARA PASAJEROS	
Cabina de radio, vestíbulo pasajeros	100u	Escritura y lectura:	
Monitor para pasajeros oficina sobrecarga	300	General	200
Áreas de navegación:		Sobre escritorio	500
Timonera (sobre puente de mando)	50	Sección de baños	
Cuanto de mapas	100	General	150
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	500	Espejo	300
Cuanto del radar	50	Sentiero	30
Cuanto de giroscopios	200	Cuanto comedor	150
Cabina de radio	100u	Carrera	10u
Oficina del baño	200	Áreas sociales	200
Sobre escritorios y mesas de trabajo	500	Excavación y puertas	100
Para traducción de libros y audiorra	500	TELEVISIÓN Y TELEFÓNOS	300
Cuanto de registro (traderma bitácora)	100	TIRO AL PICHÓN	
Sobre escritorio	500	Blanco a 50 Mts.	300u
Áreas de servicio:		Línea de tiro, general	100
Cafetería	200u	VOLLEYBALL	
Lavandería	150u	Torneo	200
Despensa	150u	Recreativo	100
Fregadero	150u	WATER POLO	
Preparación comida	200u	Torneo	300
Almacén comida (con y con refrigerador)	50	Club	200
Cacería	150u	Recreativo	100

TABLA 3-9
COEFICIENTES DE UTILIZACION PARA DIFERENTES TIPOS DE LUMINARIAS

Typical luminaire	Typical Distribution and Foot Candles		HCH ¹	30°		70°		90°		120°		150°		180°							
	Beam Cnt.	Maximum F.M.H. Candel ²		10'	30'	10'	30'	10'	30'	10'	30'	10'	30'	10'	30'						
	Coefficients of Utilization for 20 Foot Effective Plane Ceiling Reflectance Type = 20*																				
 Pendant diffusing sphere with incandescent lamp		V	1.5	0	87	87	87	81	81	81	80	49	46	50	50	49	43	43	44		
				1	71	67	63	66	62	56	53	50	47	43	43	39	37	33	31	21	21
				2	61	54	49	56	50	46	47	43	39	39	36	33	32	29	27	23	23
				3	52	43	39	48	42	37	41	36	31	34	30	26	27	24	22	18	18
				4	45	36	33	42	36	30	36	30	26	28	27	24	21	18	15	13	13
				5	40	33	31	37	30	25	33	26	23	26	23	19	21	18	15	13	13
				6	36	28	27	33	26	21	28	23	19	23	19	16	19	15	13	10	10
				7	32	25	23	29	23	18	23	20	16	21	16	13	17	13	11	09	07
				8	29	22	17	27	20	16	23	17	14	19	13	12	15	13	09	07	07
				9	26	19	15	24	18	14	20	15	12	17	13	10	14	11	09	06	06
10	23	17	13	22	16	12	19	14	10	16	12	09	13	09	07	05	05				
 Concentric ring unit with incandescent silvered-bowl lamp		H	1.5	0	83	83	83	71	71	71	69	46	49	50	50	49	43	43	44		
				1	79	69	66	62	60	57	43	42	40	36	33	33	30	27	23	23	
				2	63	54	54	54	50	47	38	34	33	33	32	31	30	29	26	23	23
				3	53	49	45	48	43	39	32	30	29	29	29	28	26	24	21	18	17
				4	46	42	37	42	37	33	29	26	24	24	24	24	24	22	20	17	17
				5	43	36	32	37	32	28	26	25	25	25	25	24	23	21	19	16	16
				6	38	32	27	33	28	24	23	20	17	14	12	11	11	09	08	04	04
				7	34	28	23	30	24	21	21	17	15	13	11	09	08	05	04	04	01
				8	31	25	20	27	21	18	18	15	13	12	10	08	05	04	03	03	03
				9	28	23	18	24	19	16	17	14	11	10	09	07	04	03	03	03	03
10	25	20	16	22	17	14	16	12	10	08	06	04	03	03	03	03	03				
 Pendant enameled ventilated standard dome with incandescent lamp		V	1.3	0	99	99	99	77	97	97	92	92	88	86	83	83	85	83			
				1	84	85	82	86	83	81	83	80	78	79	78	76	77	73	73	73	
				2	78	73	68	75	72	67	73	69	66	71	67	64	66	63	61	61	61
				3	69	62	57	67	61	57	63	60	56	63	58	55	61	57	54	54	54
				4	61	54	49	60	53	48	56	52	48	54	49	47	54	50	46	46	46
				5	54	47	41	53	46	41	51	45	41	50	41	40	48	43	40	38	38
				6	48	41	35	47	40	35	45	39	35	44	39	34	43	38	34	32	32
				7	43	35	30	43	35	30	41	34	30	39	34	28	38	33	28	28	28
				8	38	31	26	38	31	26	37	30	26	36	30	26	35	30	26	26	26
				9	35	28	23	34	27	23	33	27	23	32	27	23	31	26	22	21	21
10	31	25	20	31	24	20	30	24	20	28	24	20	29	23	20	18	18				
 Prismatic square surface drum		V	1.3	0	80	80	80	85	85	85	77	77	77	70	70	63	63	63			
				1	78	75	72	74	72	69	66	66	64	62	60	58	56	53	54	54	
				2	60	63	61	66	62	64	61	57	54	56	53	50	51	49	47	44	
				3	62	57	52	60	55	50	55	51	47	50	47	44	46	44	41	38	
				4	56	50	45	54	49	44	50	45	42	46	42	39	42	39	37	35	
				5	51	45	40	49	43	39	45	41	37	42	38	35	39	36	33	31	
				6	46	40	36	45	39	35	42	37	33	39	35	31	36	32	30	28	
				7	42	36	32	41	35	31	38	33	29	35	31	28	33	29	27	25	
				8	39	33	29	37	32	28	35	30	26	32	28	25	30	27	24	22	
				9	35	29	25	34	29	25	32	27	24	30	26	23	28	24	22	20	
10	32	27	23	31	26	22	29	25	21	27	23	20	26	22	20	18					






* Type = per cent effective ceiling reflectance

** cu = per cent wall reflectance

¹HCH = Beam Cavity Ratio

²Maximum *N/A/H* ratio = ratio of maximum luminaire spacing to mounting or ceiling height above work plane

TABLE 3-9 (CONTINUACION)

Typical luminaire	Typical Distribution and Per Cent Lamp Lumens	RCPT ¹	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Plank Cove Reflectance (FC = 20)																
			60		70		80		90		100								
			50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0				
 II-40 Hood without shielding	IV 0 8 0% 100%	RCPT 1	0	1.18	1.18	1.18	1.15	1.16	1.15	1.11	1.11	1.11	0.86	1.09	1.01	1.01	1.01	0.99	
			1	1.00	1.07	1.04	1.07	1.05	1.02	1.03	1.01	0.99	0.98	0.66	0.85	0.66	0.85	0.66	0.84
			2	0.81	0.82	0.81	0.89	0.85	0.82	0.86	0.83	0.80	0.80	0.50	0.63	0.50	0.63	0.50	0.63
			3	0.63	0.66	0.64	0.72	0.67	0.63	0.70	0.65	0.61	0.61	0.37	0.43	0.37	0.43	0.37	0.43
			4	0.47	0.51	0.49	0.55	0.50	0.47	0.53	0.48	0.45	0.45	0.25	0.28	0.25	0.28	0.25	0.28
			5	0.30	0.34	0.32	0.38	0.34	0.31	0.37	0.32	0.29	0.29	0.16	0.18	0.16	0.18	0.16	0.18
			6	0.20	0.23	0.21	0.25	0.22	0.20	0.24	0.21	0.19	0.19	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11
			7	0.14	0.16	0.15	0.18	0.16	0.14	0.17	0.15	0.13	0.13	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08
			8	0.10	0.11	0.10	0.12	0.11	0.09	0.11	0.10	0.08	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
			9	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
10	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
 II-40 Hood with specular anodized reflector skirt; 45° cutoff	IV 0 7 0% 85%	RCPT 1	0	1.00	1.00	1.00	0.98	0.98	0.98	0.94	0.94	0.94	0.60	0.90	0.60	0.85	0.60	0.84	
			1	0.86	0.94	0.94	0.92	0.91	0.90	0.86	0.84	0.84	0.54	0.84	0.54	0.84	0.54	0.84	
			2	0.71	0.80	0.80	0.77	0.75	0.75	0.71	0.70	0.69	0.68	0.42	0.68	0.42	0.68	0.42	0.68
			3	0.57	0.64	0.64	0.61	0.60	0.60	0.57	0.56	0.55	0.54	0.33	0.54	0.33	0.54	0.33	0.54
			4	0.43	0.49	0.49	0.46	0.45	0.45	0.43	0.42	0.41	0.41	0.24	0.41	0.24	0.41	0.24	0.41
			5	0.30	0.35	0.35	0.33	0.32	0.32	0.30	0.29	0.29	0.28	0.16	0.28	0.16	0.28	0.16	0.28
			6	0.20	0.24	0.24	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.10	0.18	0.10	0.18	0.10	0.18
			7	0.14	0.17	0.17	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.07	0.12	0.07	0.12	0.07	0.12
			8	0.10	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.04	0.08	0.04	0.08	0.04	0.08
			9	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05
10	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03			
 EAR-28 lamp above 2" diameter aperture	IV 0 7 0% 85%	RCPT 1	0	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.78	0.78	0.78	0.46	0.78	0.46	0.78	0.46	0.78	
			1	0.69	0.78	0.78	0.76	0.76	0.76	0.74	0.74	0.74	0.47	0.66	0.47	0.66	0.47	0.66	
			2	0.57	0.66	0.66	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.63	0.43	0.54	0.43	0.54	0.43	0.54	
			3	0.45	0.54	0.54	0.52	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.42	0.47	0.42	0.47	0.42	0.47	
			4	0.33	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.37	0.41	0.37	0.41	0.37	0.41	
			5	0.22	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.26	0.30	0.26	0.30	0.26	0.30	
			6	0.15	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.17	0.20	0.17	0.20	0.17	0.20	
			7	0.10	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.14	0.11	0.14	0.11	0.14	
			8	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.09	0.06	0.09	0.06	0.09	
			9	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	
10	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04				
 Reflector down slight with bal. See an inside fruited lamp	IV 0 7 0% 85%	RCPT 1	0	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.49	0.49	0.49	0.47	0.47	0.47	0.45	0.45	0.44	
			1	0.45	0.50	0.49	0.48	0.48	0.48	0.45	0.45	0.45	0.43	0.47	0.43	0.47	0.43	0.47	
			2	0.38	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.39	0.39	0.39	0.37	0.41	0.37	0.41	0.37	0.41	
			3	0.32	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.32	0.34	0.32	0.34	0.32	0.34	
			4	0.26	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.29	0.26	0.29	0.26	0.29	
			5	0.20	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.20	0.23	0.20	0.23	0.20	0.23	
			6	0.15	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.18	0.15	0.18	0.15	0.18	
			7	0.10	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.13	0.10	0.13	0.10	0.13	
			8	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.09	0.06	0.09	0.06	0.09	
			9	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	
10	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04				
 Medium distribution unit with lens plate and inside front lamp	V 1 0 0% 85%	RCPT 1	0	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.40	0.40	0.40	0.37	0.37	0.37	0.35	0.35	0.34	
			1	0.40	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.44	0.44	0.44	0.41	0.44	0.41	0.44	0.41	0.44	
			2	0.35	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.35	0.35	0.35	0.34	0.37	0.34	0.37	0.34	0.37	
			3	0.30	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32	0.30	0.30	0.30	0.29	0.32	0.29	0.32	0.29	0.32	
			4	0.25	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.25	0.25	0.25	0.24	0.27	0.24	0.27	0.24	0.27	
			5	0.20	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.20	0.20	0.20	0.19	0.22	0.19	0.22	0.19	0.22	
			6	0.15	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.15	0.15	0.15	0.14	0.17	0.14	0.17	0.14	0.17	
			7	0.10	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.09	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	
			8	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08	
			9	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	
10	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04				






¹FC = per cent effective ceiling cavity reflectance

²FC = per cent wall reflectance

³RCR = Room Cavity Ratio

⁴Maximum $\pm 3H$ guide - ratio of maximum luminaire spacing to mounting or ceiling to light above work plane

TABLE 3-9 (CONTINUACION)

Typical Luminaires	Typical Distribution and Foot Candles Lamp Lumen	Mount. Cat.	Minimum S'wall Grade*	BCP†	60		70		80		90		10		0								
					30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10					
					Coefficients of Utilization for 20 Foot Ceiling Floor Coeff. Reflectance (avg. = 30)																		
	V	1 4	33:1	1	0	63	63	63	62	62	62	59	59	56	56	56	54	54	54	53			
					1	58	58	54	57	55	54	54	53	52	52	51	50	50	50	50	49	48	
					2	53	50	48	52	49	47	50	48	46	48	47	45	47	45	47	45	44	43
					3	48	45	42	47	44	42	46	43	41	44	42	40	43	41	40	40	39	39
					4	44	40	37	43	40	37	42	39	37	41	38	36	40	38	36	36	35	35
					5	40	36	33	39	36	33	38	35	33	37	35	32	36	34	32	31	31	31
					6	36	32	29	36	32	29	35	32	29	34	31	29	33	31	29	28	28	28
					7	33	29	26	33	29	26	32	28	26	31	28	26	30	28	26	25	25	25
					8	30	26	23	30	26	23	29	26	23	28	25	23	27	25	23	22	22	22
					9	27	23	21	27	23	21	26	23	21	26	23	21	25	23	22	20	19	19
10	25	21	18	25	21	18	24	21	18	24	20	18	23	20	18	17	17	17					
	V	1 3	30:1	1	0	61	61	61	60	60	60	57	57	57	54	54	54	51	51	51	50		
					1	54	51	48	52	49	47	50	47	45	47	45	44	44	44	42	41	41	
					2	47	42	39	45	42	39	43	40	38	41	39	37	41	39	37	35	34	34
					3	40	36	33	40	35	32	38	34	31	36	33	31	35	32	30	29	29	29
					4	36	31	28	35	31	28	34	30	27	32	29	26	31	28	26	25	25	25
					5	32	27	24	31	27	24	30	26	23	28	25	23	27	25	23	22	22	22
					6	29	24	20	28	24	20	27	23	20	26	22	20	25	22	20	19	18	18
					7	26	21	18	25	21	18	24	20	17	23	20	17	22	19	17	16	16	16
					8	23	19	16	23	19	15	22	18	15	21	18	15	20	17	15	14	14	14
					9	21	17	14	21	17	14	20	16	13	19	16	13	19	15	13	12	12	12
10	19	15	12	19	15	12	18	14	11	17	14	11	17	13	11	10	10	10					
	V	1 3	30:1	1	0	76	76	76	76	76	73	73	73	70	70	70	67	67	67	65			
					1	71	69	66	70	66	64	67	64	64	63	62	62	62	61	61	61	60	
					2	65	62	59	64	61	58	62	59	57	60	56	54	58	56	54	53	53	54
					3	59	55	52	58	55	52	57	53	51	55	52	50	53	51	49	48	48	48
					4	54	50	47	54	50	47	53	49	47	51	48	45	49	47	45	44	44	45
					5	50	45	42	49	45	42	48	44	41	47	43	41	45	43	41	39	39	39
					6	46	41	37	45	40	37	44	40	37	43	39	37	42	39	36	35	35	35
					7	41	37	33	41	36	33	40	36	33	39	35	33	38	35	33	32	32	32
					8	38	33	30	38	33	30	37	33	30	36	32	29	35	32	29	28	28	28
					9	35	30	27	34	30	27	34	29	26	33	29	26	32	29	26	25	25	25
10	32	27	24	31	27	24	31	27	24	30	26	24	30	26	23	22	22	22					
	V	1 1	30:1	1	0	85	85	85	85	85	83	83	83	79	79	79	76	76	76	74			
					1	78	76	74	76	74	73	73	72	70	71	69	68	68	67	66	65	65	
					2	71	68	66	70	67	64	68	65	62	65	63	61	63	62	60	59	59	59
					3	65	61	57	64	60	57	62	59	56	60	57	55	59	56	54	53	53	53
					4	60	55	51	59	54	51	57	54	51	56	53	50	54	51	49	48	48	48
					5	54	49	45	54	49	45	52	48	45	51	47	44	50	46	44	43	43	43
					6	49	44	40	49	44	40	47	43	40	46	42	40	45	42	39	38	38	38
					7	44	39	35	44	39	35	43	38	35	42	38	35	41	37	35	35	35	35
					8	40	35	31	40	35	31	39	35	31	38	34	31	36	34	31	30	30	30
					9	37	31	28	36	31	28	36	31	28	35	31	28	34	30	27	26	26	26
10	33	28	25	33	28	25	32	28	25	32	28	25	31	27	25	24	24	24					
	III	0 7	30:1	1	0	92	92	92	92	92	90	90	90	86	86	86	82	82	82	78			
					1	87	85	83	85	83	82	81	80	79	78	77	76	76	75	74	74	74	
					2	81	79	76	80	77	75	77	75	73	75	73	72	74	72	71	70	69	69
					3	75	73	71	74	72	70	73	71	69	71	69	67	70	68	66	65	65	65
					4	70	67	64	70	66	63	69	65	62	67	63	60	66	62	60	58	57	57
					5	65	62	58	65	61	58	64	60	56	62	58	55	61	57	55	53	53	53
					6	60	56	52	60	56	53	59	55	52	58	54	51	57	53	51	49	48	48
					7	57	53	49	57	53	49	56	52	48	54	50	46	53	49	46	44	44	44
					8	54	51	47	54	51	47	53	49	45	51	47	43	49	45	42	41	41	41
					9	51	47	43	51	47	43	50	46	42	48	44	40	46	42	39	37	37	37
10	48	44	40	48	44	40	47	43	39	45	41	37	43	39	36	34	34	34					











* 0 = per cent effective ceiling cavity reflectance

† 0 = per cent wall reflectance

‡ RCH = Room Cavity Ratio

* Maximum S'Wall grade - ratio of maximum luminaire spacing to mounting or ceiling height above work plane

TABLE 3-9 (CONTINUATION)

Typical Luminance	Typical Distribution and Per Cent Lamp Utilization	RCR ^a		90			70			50			30			10			R			
		Mount. Cat.	Maximum Spacing Guide ^b	Coefficient of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor-Coverage Reflectance (ρ = 20)																		
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	16	17
 Intermediate distribution reflector with clear HLD lamp	 RCR 1.0	III	1.0	0	91	91	91	89	86	84	84	84	81	81	81	77	77	77	77	75		
				1	84	81	79	82	80	78	79	77	75	74	74	72	72	72	71	71	69	
				2	77	73	70	76	72	70	72	70	68	70	68	66	68	66	65	65	63	
				3	71	66	63	69	65	62	67	64	61	63	62	60	63	61	60	57		
				4	65	60	56	64	59	56	62	58	55	60	57	54	59	56	54	51		
				5	59	54	50	59	54	50	57	53	50	56	53	48	54	51	48	47		
				6	54	49	45	54	49	45	52	48	45	51	47	44	50	47	44	42		
				7	50	44	40	49	44	40	48	43	40	47	43	39	46	42	39	38		
				8	45	40	36	45	40	36	44	39	36	43	39	35	42	38	35	34		
				9	41	36	32	41	36	32	40	35	32	39	35	32	38	35	32	30		
10	38	33	29	37	32	29	37	32	29	36	32	29	35	31	28	27						
 Wide distribution reflector with clear HLD lamp	 RCR 1.5	III	1.5	0	92	92	92	90	90	90	90	86	86	86	82	82	82	79	79	77		
				1	85	82	80	83	81	79	79	78	76	76	75	74	74	72	71	70		
				2	77	73	70	75	72	69	73	70	67	70	66	66	68	66	64	63		
				3	70	65	61	68	64	60	66	62	59	64	61	58	63	60	57	56		
				4	63	58	53	62	57	53	60	56	52	58	55	52	57	54	51	49		
				5	57	51	47	56	51	47	55	50	46	53	49	46	52	48	45	44		
				6	51	45	41	51	45	41	49	44	40	46	42	40	47	42	40	39		
				7	46	40	35	45	39	35	44	39	35	42	38	35	42	38	34	33		
				8	41	35	31	41	35	31	40	34	31	39	34	30	38	33	30	29		
				9	37	31	27	37	31	27	36	30	27	35	30	27	34	30	26	25		
10	33	27	24	33	27	23	32	27	23	31	27	23	31	26	23	22						
 Intermediate distribution reflector with phosphor coated HLD lamp	 RCR 1.0	III	1.0	0	96	96	96	93	93	93	93	87	87	87	82	82	82	77	77	75		
				1	89	87	84	86	84	83	82	80	79	78	76	75	74	73	72	70		
				2	82	79	76	80	77	74	78	74	72	73	71	69	70	68	67	65		
				3	76	72	68	74	70	67	71	68	65	69	66	63	66	63	61	60		
				4	70	66	62	68	63	61	66	63	60	64	61	58	62	59	57	55		
				5	65	60	56	64	59	56	62	58	54	60	56	53	58	55	52	51		
				6	60	55	51	59	55	51	57	53	50	56	52	49	54	51	48	47		
				7	56	51	47	55	50	46	53	49	46	52	48	45	50	47	44	43		
				8	52	47	43	51	46	43	50	45	42	48	44	41	47	43	41	40		
				9	48	43	39	47	42	39	46	42	39	45	41	38	44	40	38	36		
10	45	40	36	44	39	36	43	39	36	43	39	35	41	37	35	34						
 Wide distribution reflector with phosphor coated HLD lamp	 RCR 1.5	III	1.5	0	93	93	93	89	89	89	83	83	83	77	77	77	71	71	71	66		
				1	85	83	81	82	80	78	77	75	74	72	71	70	67	66	65	63	60	
				2	78	74	71	75	72	69	71	68	65	67	65	63	63	61	60	58		
				3	71	67	63	69	65	62	65	62	59	62	59	57	58	56	54	53		
				4	65	60	56	64	59	55	60	56	53	57	54	51	54	52	50	48		
				5	60	54	50	58	53	49	55	51	48	53	49	46	50	47	45	43		
				6	54	49	45	53	48	44	51	46	43	49	45	42	46	43	40	39		
				7	49	44	40	48	43	39	46	41	38	44	40	37	42	38	36	34		
				8	45	39	35	44	38	35	42	37	34	40	36	33	38	35	32	31		
				9	41	35	31	40	34	31	38	33	30	36	32	29	35	31	28	27		
10	37	31	27	36	31	27	34	30	26	33	29	26	32	28	25	24						
 Parallel-mounted reflector with H7CW shirring	 RCR 1.3	III	1.3	0	100	100	100	96	96	96	90	90	90	82	82	82	76	76	76	71		
				1	52	52	52	52	49	49	49	47	47	47	44	44	44	42	42	41	40	
				2	76	72	67	73	70	65	70	66	62	65	62	59	63	61	60	58		
				3	69	62	57	66	60	56	62	57	55	58	54	51	54	51	49	46		
				4	61	54	48	59	52	47	55	50	45	52	47	42	49	45	42	39		
				5	54	46	41	52	45	40	49	43	39	46	41	37	43	39	36	34		
				6	48	41	35	47	40	35	44	38	34	41	36	32	39	34	31	29		
				7	43	36	31	42	35	30	40	34	29	37	32	29	35	31	27	25		
				8	39	32	27	38	31	26	36	30	25	34	29	24	32	27	24	22		
				9	35	28	23	34	27	22	32	27	22	30	25	20	28	23	20	18		
10	32	25	20	31	24	19	29	23	19	26	21	16	24	19	16	14						











^aRCR = per cent effective ceiling cavity reflectance

^bρ = per cent wall reflectance

RCR = 2 / (1 - ρ)

^cMaximum spacing guide = ratio of maximum luminance spacing to mounting or ceiling height, also in ft. plane

TABLE 3-9 (CONTINUACION)

Typical Laminare	Typical Distribution and For Cost-Lamp Dimensions	RCP ¹	80		70		50		30		10		0							
			%		%		%		%		%		%							
			30	30	10	30	30	10	50	30	10	30	30	10	0					
 <p>Porcelain enamelled reflector with 35° CW shielding</p>		11	1 3	0	99	99	99	94	94	94	84	94	75	76	68	68	65			
				1	88	85	82	84	81	78	78	74	77	69	67	66	62	61	60	57
				2	78	73	68	74	70	66	68	64	61	62	50	50	56	54	52	49
				3	60	63	58	66	61	56	61	56	53	56	52	49	51	48	46	43
				4	62	55	50	60	53	49	55	50	46	50	46	43	46	43	40	37
				5	55	48	43	53	47	42	49	44	39	43	41	37	41	38	35	32
				6	50	43	38	49	41	37	44	39	33	41	36	33	37	34	31	29
				7	45	38	33	43	37	32	40	34	30	37	32	29	34	30	27	25
				8	40	34	29	39	32	26	36	30	27	33	28	25	31	27	24	22
				9	36	30	25	35	29	24	32	27	23	30	25	22	28	24	21	19
10	33	27	22	32	26	22	29	24	20	27	23	19	25	21	18	17				
 <p>Diffuse aluminum reflector with 35° CW shielding</p>		11	1 3 1 3	0	91	94	94	90	90	90	82	82	73	75	75	69	69	66		
				1	82	82	80	82	79	77	75	73	72	63	68	66	64	63	62	59
				2	76	72	68	74	70	66	68	65	62	63	61	58	58	55	52	50
				3	69	63	58	66	61	57	62	56	54	57	54	51	53	51	48	46
				4	62	56	51	60	54	50	56	51	47	52	48	45	47	45	43	41
				5	55	49	44	53	48	43	50	45	41	47	43	39	43	40	38	36
				6	50	43	39	48	42	38	45	41	36	42	38	35	40	37	35	33
				7	45	38	34	43	37	33	41	36	32	38	34	30	36	32	29	27
				8	40	34	29	38	33	29	37	31	28	34	30	26	32	28	25	24
				9	36	30	25	35	29	25	33	28	24	31	26	23	29	25	22	20
10	33	28	22	32	26	22	30	25	21	28	23	20	26	22	19	18				
 <p>Porcelain enamelled reflector with 30° CW and 30° LW shielding</p>		11	1 0	0	90	90	90	85	85	85	76	76	68	70	68	60	60	57		
				1	81	78	75	74	72	69	67	66	62	61	60	56	55	54	52	
				2	72	68	64	66	63	62	62	59	57	56	54	52	51	49	47	45
				3	65	59	55	62	57	53	56	52	49	51	48	46	45	44	42	39
				4	58	52	48	56	50	46	51	46	43	46	43	40	42	39	37	35
				5	52	46	41	50	44	40	46	41	38	42	38	35	38	35	33	30
				6	47	41	36	45	40	36	41	37	34	38	34	31	35	31	29	27
				7	43	36	32	41	35	31	38	33	29	34	30	27	32	28	26	24
				8	38	32	28	37	31	27	34	29	26	31	27	24	29	25	23	21
				9	35	29	24	33	28	24	31	26	23	28	24	21	26	22	20	18
10	32	26	22	30	25	21	28	23	20	25	21	18	24	20	18	16				
 <p>Diffuse aluminum reflector with 35° CW and 35° LW shielding</p>		11	1 5 1 1 1	0	83	83	83	79	79	79	71	71	63	65	60	60	59	56		
				1	73	73	70	72	69	68	65	64	62	60	58	55	54	53	50	48
				2	67	63	60	65	61	58	59	57	54	55	53	51	50	49	47	45
				3	61	56	52	58	54	51	54	50	47	50	47	45	46	44	42	40
				4	55	49	45	53	48	44	49	45	42	45	42	40	42	39	37	36
				5	49	44	40	47	42	39	44	40	37	41	38	35	38	35	33	31
				6	45	39	35	43	38	34	40	36	33	37	34	31	35	32	30	28
				7	40	35	31	39	34	30	36	32	29	34	30	27	32	29	26	25
				8	36	31	27	35	30	26	32	28	25	31	27	24	29	25	23	21
				9	33	27	24	31	27	24	29	25	22	27	24	21	26	22	20	19
10	30	24	21	29	24	20	27	22	19	25	21	19	23	20	18	16				
 <p>Metal or ceramic diffusing tubes with 35° CW and 45° LW shielding</p>		11	1 1	0	73	73	73	68	68	68	57	57	46	46	46	46	46	43		
				1	67	64	62	61	59	57	51	50	49	48	46	44	40	34	31	29
				2	59	55	52	53	51	49	46	46	44	42	40	38	36	33	30	28
				3	53	48	45	49	45	42	41	39	36	35	32	31	29	27	26	23
				4	47	42	39	43	40	36	37	34	32	31	29	27	26	24	23	20
				5	43	37	33	40	35	31	34	30	28	28	26	24	23	22	20	18
				6	39	33	29	36	31	28	31	27	25	25	23	21	20	19	18	16
				7	35	30	26	33	28	25	28	24	22	22	21	20	19	18	16	15
				8	32	27	23	30	25	22	25	22	20	19	17	17	16	15	13	12
				9	29	24	20	27	22	19	23	20	17	17	16	15	14	13	12	11
10	27	21	18	25	20	17	21	18	15	15	14	13	12	11	10	9				











¹ RCP = per cent effective ceiling cavity reflectance

² % = per cent wall reflectance

³ RCF = Room Cavity Ratio

⁴ Maximum S. U.H. grade - ratio of maximum luminance spacing to mounting or ceiling height above work plane

TABLE 3-9 (CONTINUACION)

Typical Luminaire	Typical Distribution and Foot Candles Luminaire	Foot-Candle		30		70		50		30		10		0					
		H.C.P. ¹	ft. x ft.		ft. x ft.		ft. x ft.		ft. x ft.		ft. x ft.		ft. x ft.						
			30	30	10	30	30	10	30	30	10	30	30	10	30	30	10		
 Mount at unit S 24 except with top reflector		IV 1 0	0	90	60	60	58	58	54	54	54	50	50	30	47	47	46		
			1	84	57	51	51	49	49	46	46	45	45	41	43	43	42	40	
			2	49	46	43	43	44	44	42	42	40	40	38	39	38	37	35	
			3	44	40	37	37	39	39	37	37	35	35	34	36	34	33	31	
			4	40	36	33	33	35	35	32	32	31	31	32	30	31	29	28	
			5	36	32	29	29	31	31	28	28	28	27	29	27	29	28	26	25
			6	33	29	26	26	28	28	25	25	25	24	25	23	24	23	22	
			7	30	26	23	23	25	25	23	23	22	22	21	22	21	20	19	
			8	27	23	20	20	21	21	20	20	19	19	19	19	19	18	17	
			9	23	21	18	18	19	19	18	18	17	17	17	17	17	16	15	
10	23	19	16	16	17	17	16	16	15	15	15	15	15	14	14				
 1" wide aluminum trough with 40°CW x 45°LW shielding and single extra high-output lamp		IV 1 0 B	0	90	60	60	69	69	67	67	67	63	63	43	63	63	62		
			1	85	55	48	48	46	46	44	44	43	43	41	41	41	40	39	
			2	43	41	39	39	40	40	38	38	37	37	36	37	36	35	34	
			3	39	37	35	35	36	36	34	34	33	33	33	33	33	32	31	
			4	36	33	31	31	32	32	31	31	30	30	30	30	30	29	28	
			5	33	30	28	28	30	30	28	28	27	27	27	27	27	26	25	
			6	31	28	26	26	28	28	26	26	25	25	25	25	25	24	23	
			7	28	25	23	23	25	25	23	23	22	22	22	22	22	21	20	
			8	25	23	21	21	22	22	21	21	20	20	20	20	20	19	18	
			9	24	21	19	19	20	20	19	19	18	18	18	18	18	17	16	
10	22	19	17	17	18	18	17	17	16	16	16	16	16	15	14				
 2 lamp, surface mounted, bare lamp unit - Fluorescent with 18" wide panel above luminaires (clamp on 6" centers)		I 1 3	0	102	102	102	98	98	98	92	92	96	96	80	80	80			
			1	96	62	78	83	79	79	74	74	73	70	67	68	66	64		
			2	74	67	61	71	65	69	67	61	61	60	58	54	54	52	50	
			3	64	56	50	62	55	60	58	52	52	51	49	45	45	43	41	
			4	56	48	42	53	47	51	49	43	43	42	40	38	38	36	34	
			5	49	41	35	46	40	44	43	38	38	37	35	32	32	31	30	
			6	44	36	30	41	35	39	38	33	33	32	30	27	27	26	24	
			7	39	31	25	36	30	34	33	29	29	28	26	23	23	22	21	
			8	35	27	22	34	27	31	30	26	26	25	23	20	20	19	18	
			9	32	24	19	31	24	28	28	24	24	23	21	17	17	16	15	
10	29	21	17	28	21	25	25	21	21	20	18	15	15	14	13				
 Luminous bottom suspended unit with extra high output lamp		VI 1 5	0	77	77	77	67	67	67	69	69	69	63	63	48	48			
			1	67	64	62	58	57	54	54	53	51	50	48	47	46	44		
			2	56	54	50	51	48	45	45	44	43	42	41	40	40	39		
			3	51	46	42	45	41	37	34	31	28	28	27	26	25	24		
			4	45	40	35	40	35	31	30	27	24	20	18	17	17	16		
			5	40	34	30	35	30	27	26	23	20	18	16	14	14	13		
			6	36	29	26	32	27	23	22	20	18	16	14	12	12	11		
			7	32	26	22	28	23	20	21	18	15	13	11	10	10	9		
			8	29	23	19	25	21	17	19	16	13	11	9	8	8	7		
			9	26	20	17	23	18	15	17	14	12	10	8	7	7	6		
10	24	18	15	21	16	13	16	12	10	8	6	5	5	4					
 Prismatic bottom and sides, open top, 4 lamp suspended unit—multiply by 1.05 for 2 lamps		VI 1 4/1.2	0	90	90	90	84	84	84	73	73	63	63	54	54	49			
			1	80	77	74	78	73	70	66	64	62	57	56	49	48	47		
			2	71	66	62	67	63	59	56	53	51	47	46	41	41	39		
			3	63	58	53	60	55	50	47	45	43	40	38	36	36	34		
			4	57	50	46	53	48	43	41	37	35	33	31	30	30	29		
			5	50	44	39	48	42	37	35	32	30	28	27	26	26	25		
			6	45	39	34	43	37	33	31	28	26	24	23	22	22	21		
			7	41	34	30	39	33	29	28	24	22	20	19	18	18	17		
			8	37	30	25	35	29	25	24	20	18	16	15	14	14	13		
			9	34	27	22	31	25	22	21	18	16	15	14	13	13	12		
10	30	24	20	28	23	19	21	18	16	15	14	13	13	12					






* sec = per cent effective ceiling cavity reflectance

* sp = per cent wall reflectance

* H.C.H. = Room Cavity Ratio

* Maximum S/MH guide ratio of maximum luminaire spacing to mounting to ceiling height above work plane

TABLE 3-9 (CONTINUATION)

Typical Luminaire	Typical Distribution and For Code Lamp Lens	Foot-candle																					
		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30									
Typical Luminaire	Max. Cut-off Maximum 3 mm Grade	RCR	Coefficients of Utilization for 20 For Code Effective Power Curve Reference Inv. = 25%																				
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
	V 1 1 1 2	30°	0	80	80	80	77	77	77	71	71	71	66	66	66	60	60	60	56	56	56		
			1	71	71	71	66	66	66	60	60	60	56	56	56	51	51	51	47	47	47	43	
			2	64	64	64	56	56	56	51	51	51	47	47	47	43	43	43	39	39	39	36	36
			3	57	57	57	49	49	49	45	45	45	41	41	41	38	38	38	35	35	35	32	32
			4	51	49	49	44	44	44	40	40	40	37	37	37	34	34	34	31	31	31	29	29
			5	46	40	40	36	36	36	33	33	33	30	30	30	28	28	28	26	26	26	24	24
			6	41	33	33	31	31	31	28	28	28	26	26	26	24	24	24	22	22	22	20	20
			7	37	31	31	28	28	28	26	26	26	24	24	24	22	22	22	20	20	20	18	18
			8	33	28	28	26	26	26	24	24	24	22	22	22	20	20	20	18	18	18	17	17
			9	30	24	24	22	22	22	20	20	20	19	19	19	17	17	17	16	16	16	15	15
10	27	22	22	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14			
	V 1 2	30°	0	82	82	82	77	77	77	71	71	71	66	66	66	60	60	60	56	56	56		
			1	71	68	68	62	62	62	57	57	57	53	53	53	49	49	49	45	45	45	41	
			2	63	58	58	53	53	53	49	49	49	45	45	45	41	41	41	38	38	38	35	35
			3	56	50	50	46	46	46	42	42	42	39	39	39	36	36	36	33	33	33	30	30
			4	50	44	44	41	41	41	38	38	38	35	35	35	32	32	32	30	30	30	27	27
			5	45	39	39	36	36	36	33	33	33	30	30	30	28	28	28	26	26	26	24	24
			6	41	35	35	32	32	32	29	29	29	27	27	27	25	25	25	23	23	23	21	21
			7	37	31	31	28	28	28	26	26	26	24	24	24	22	22	22	20	20	20	18	18
			8	33	27	27	25	25	25	23	23	23	21	21	21	19	19	19	17	17	17	16	16
			9	30	24	24	22	22	22	20	20	20	19	19	19	17	17	17	16	16	16	15	15
10	27	22	22	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14			
	V 1 3	30°	0	82	82	82	77	77	77	71	71	71	66	66	66	60	60	60	56	56	56		
			1	71	68	68	62	62	62	57	57	57	53	53	53	49	49	49	45	45	45	41	
			2	63	58	58	53	53	53	49	49	49	45	45	45	41	41	41	38	38	38	35	35
			3	56	50	50	46	46	46	42	42	42	39	39	39	36	36	36	33	33	33	30	30
			4	50	44	44	41	41	41	38	38	38	35	35	35	32	32	32	30	30	30	27	27
			5	45	39	39	36	36	36	33	33	33	30	30	30	28	28	28	26	26	26	24	24
			6	41	35	35	32	32	32	29	29	29	27	27	27	25	25	25	23	23	23	21	21
			7	37	31	31	28	28	28	26	26	26	24	24	24	22	22	22	20	20	20	18	18
			8	33	27	27	25	25	25	23	23	23	21	21	21	19	19	19	17	17	17	16	16
			9	30	24	24	22	22	22	20	20	20	19	19	19	17	17	17	16	16	16	15	15
10	27	22	22	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14			
	1/4 1 0	60°	0	24	51	54	53	53	53	51	51	51	46	46	46	43	43	43	40	40	40		
			1	19	48	46	45	47	46	46	45	44	45	44	43	43	43	42	42	42	41	41	41
			2	14	42	40	41	41	39	42	40	40	39	37	37	37	36	36	36	34	34	34	32
			3	10	37	34	34	34	34	34	34	34	33	32	32	32	31	31	31	30	30	30	28
			4	8	32	30	29	29	29	29	29	29	28	27	27	27	26	26	26	25	25	25	24
			5	7	29	26	26	26	26	26	26	26	25	24	24	24	23	23	23	22	22	22	21
			6	6	26	24	24	24	24	24	24	24	23	22	22	22	21	21	21	20	20	20	19
			7	5	24	21	21	21	21	21	21	21	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16
			8	4	23	21	21	21	21	21	21	21	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16
			9	4	22	19	19	19	19	19	19	19	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14
10	4	21	17	17	17	17	17	17	17	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13	12			
	1/4 0 9	60°	0	30	50	50	49	49	49	47	47	47	43	43	43	40	40	40	37	37	37		
			1	18	43	43	43	43	43	43	42	42	42	41	41	41	40	40	40	38	38	38	
			2	12	40	38	41	40	40	40	40	40	39	38	38	37	37	37	36	36	36	34	34
			3	9	38	35	37	35	35	35	35	35	34	33	33	33	32	32	32	31	31	31	29
			4	7	35	32	33	33	33	33	33	33	32	31	31	31	30	30	30	29	29	29	27
			5	6	33	29	30	30	30	30	30	30	29	28	28	28	27	27	27	26	26	26	24
			6	5	29	26	27	27	27	27	27	27	26	25	25	25	24	24	24	23	23	23	22
			7	4	27	23	24	24	24	24	24	24	23	22	22	22	21	21	21	20	20	20	19
			8	4	24	21	21	21	21	21	21	21	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16
			9	4	22	19	19	19	19	19	19	19	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14
10	4	20	17	17	17	17	17	17	17	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13	12			

Foot-candle values are for a 2-foot high work plane.






* For use with reflector lenses.

** For use with all reflectors.

† RCR = Room Cavity Ratio.











‡ Maximum S.M.H. Grade. Points of maximum luminance spring from center of reflector light at work plane.

TABLE 3-9 (CONTINUATION)

Typical Luminaire	Typical Distribution and Per Cent Lamp Lumens	Beam Angle	FCI*	Coefficients of Utilization for 30 Per Cent Effective Floor-Ceiling-Reflectance (C ₁ C ₂ = 20)																		
				80				70				50				30						
				30	30	10	0	30	30	10	0	30	30	10	0	30	30	10	0			
 <p>1 lamp, 2' wide truffer with 45° plane; lower multiplies by 1.05 for 2 lamps and 0.95 for 4 lamps</p>	IV	1.0	0	0	59	59	59	58	58	58	55	55	55	53	53	53	51	51	51	50		
				1	54	52	50	52	51	19	50	49	48	43	43	47	46	47	46	43	44	
				2	48	45	42	47	44	42	43	42	41	41	42	40	42	41	42	40	42	39
				3	43	40	37	42	39	37	41	38	36	40	37	36	39	37	35	39	37	35
				4	39	35	32	38	35	32	37	34	32	36	33	31	35	33	31	35	33	30
				5	35	31	28	33	31	28	34	30	28	33	30	28	32	29	27	31	29	26
				6	32	29	25	32	29	25	31	27	25	30	27	25	29	26	24	29	26	24
				7	29	25	22	29	25	22	28	25	22	27	24	22	27	24	22	27	24	21
				8	26	22	20	26	22	20	25	22	20	25	22	20	25	21	19	24	21	18
				9	24	20	17	24	20	17	23	20	17	23	19	17	23	19	17	23	19	16
				10	22	18	16	22	18	16	21	18	16	21	18	16	21	18	16	20	17	15
 <p>1 lamp, 2' wide truffer with 45° white metal louvers—multiplies by 1.05 for 2 lamps and 0.95 for 4 lamps</p>	IV	0.9	0	0	49	49	49	48	48	48	46	46	46	44	44	44	42	42	42	41		
				1	45	44	43	44	43	42	43	42	41	41	40	39	40	39	38	38	38	
				2	41	39	37	40	38	36	39	37	36	37	36	35	36	35	34	35	34	33
				3	37	35	32	37	34	32	35	33	32	34	31	31	33	31	31	32	31	30
				4	34	31	29	34	31	29	32	29	28	32	29	28	31	29	28	29	27	27
				5	31	29	26	30	27	25	30	27	25	27	25	24	27	25	24	26	25	24
				6	28	25	23	28	25	23	27	25	23	27	24	23	26	24	23	25	24	23
				7	26	24	21	26	23	21	25	22	20	24	23	20	24	22	20	24	22	20
				8	24	21	18	23	21	18	23	20	18	22	20	18	22	20	18	22	20	18
				9	22	19	17	21	18	16	21	18	16	21	18	16	21	18	16	20	18	16
				10	20	17	15	20	17	15	19	17	15	19	17	15	19	16	15	18	16	14
 <p>Fluorescent unit with dropped white diffuser; 2 lamp, 1' wide—multiplies by 0.90 for 3 lamps</p>	V	1.2	0	0	66	66	66	64	64	64	61	61	61	58	58	58	56	56	56	54		
				1	59	56	53	57	54	52	54	52	51	52	50	49	49	48	47	46	45	44
				2	53	47	44	50	45	43	48	45	42	46	43	41	44	42	40	42	40	39
				3	45	41	37	41	40	37	42	39	36	41	38	35	39	36	34	38	36	34
				4	40	35	32	39	35	31	38	34	31	36	33	30	35	32	30	34	32	30
				5	35	30	27	33	30	27	34	29	26	32	29	26	31	28	25	30	28	26
				6	32	27	23	31	28	25	30	26	23	29	25	22	29	25	22	28	25	23
				7	29	24	20	28	25	21	27	23	20	26	22	20	26	22	20	26	22	20
				8	26	21	18	25	21	17	24	20	17	24	20	17	24	20	17	23	19	17
				9	23	18	15	23	18	15	22	18	15	21	17	15	21	17	15	21	17	15
				10	21	16	13	21	16	13	20	16	13	19	16	13	19	16	13	19	15	13
 <p>Fluorescent unit with dropped white diffuser; 4 lamp, 2' wide—multiplies by 1.10 for 2 lamps and 0.92 for 4 lamps</p>	V	1.2	0	0	72	72	72	70	70	70	67	67	67	64	64	64	61	61	61	60		
				1	64	61	58	62	60	58	60	58	56	57	56	54	55	54	53	54	52	51
				2	56	52	49	55	51	49	52	49	47	50	48	46	48	46	44	46	44	43
				3	50	45	41	49	44	41	47	43	40	45	42	39	43	41	39	43	41	38
				4	44	39	35	43	38	35	42	37	34	40	36	33	39	36	34	38	36	33
				5	39	34	30	38	33	29	37	32	29	36	32	29	35	31	28	34	31	28
				6	35	30	26	34	29	25	33	29	25	32	28	25	31	27	25	31	27	25
				7	31	26	22	31	26	22	30	25	22	29	25	22	28	24	22	28	24	22
				8	28	23	19	28	23	19	27	22	19	26	22	19	25	21	19	25	21	18
				9	25	20	17	25	20	17	24	20	17	23	19	16	23	19	16	23	19	16
				10	23	18	15	23	18	15	22	18	15	21	17	15	21	17	15	21	17	14
 <p>Fluorescent unit with flat top white diffuser; 4 lamp, 2' and 2 lamp, 1' wide—multiplies by 1.08 for 2 lamp 2' and by 0.92 for 4 lamp 1'</p>	V	1.2	0	0	68	68	68	66	66	66	63	63	63	61	61	61	58	58	58	57		
				1	61	58	55	59	57	55	57	55	54	55	53	52	53	52	51	52	51	49
				2	53	50	47	51	49	46	50	46	43	49	46	44	47	45	43	47	45	43
				3	47	43	40	47	42	39	45	41	38	43	39	36	42	39	37	42	39	36
				4	42	37	34	41	37	33	40	36	33	39	35	33	37	35	33	37	35	32
				5	37	32	29	37	32	28	35	31	28	34	31	28	33	30	27	33	30	27
				6	33	28	25	33	28	25	32	27	24	31	27	24	30	27	24	29	27	24
				7	30	25	22	30	25	21	29	24	21	28	24	21	27	24	21	27	24	21
				8	27	22	19	27	22	19	26	22	19	25	21	18	24	21	18	24	21	18
				9	24	19	16	24	19	16	23	19	16	23	19	16	22	18	16	22	18	16
				10	22	17	14	22	17	14	21	17	14	21	17	14	21	17	14	21	17	14

* See page 3 for effective ceiling-surface reflectance.
 ** See page 3 for wall reflectance.
 † ILLUM. ENGRS. INST.
 ‡ Maximum 8,000 peak surface-to-surface luminance (foot-candle) mounting height (feet) above work plane.

TABLE 3-9 (CONTINUACION)

Typical Geometry	Typical Distribution and Per Cent Lamp Losses	Mount. Code ¹	Maximum Mount Code ²	SCP ³	Coefficients of Utilization for 30 Per Cent Effective Floor Covey Reflectance (see note 4)																						
					80				70				50				30				10				0		
					30	30	10	0	30	30	10	0	30	30	10	0	30	30	10	0	30	30	10	0	0		
 <p>Fluorescent unit with flat prismatic lens, 2 lamp 1' wide</p>		V	1 4 1 2	0	0	89	89	69	67	57	67	64	64	64	61	61	61	59	59	59	55	55	55	51			
					1	82	60	58	71	59	57	59	57	55	56	55	54	54	54	54	54	53	52	51	51	47	
					2	55	52	50	54	41	49	53	40	45	41	44	41	41	41	41	41	41	42	42	42	40	39
					3	50	46	43	49	45	42	47	44	41	44	43	39	36	41	38	36	40	37	35	34	33	30
					4	45	40	37	44	40	37	43	39	36	41	39	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	34
					5	40	35	32	39	35	32	38	34	31	37	34	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	30
					6	36	31	29	36	31	29	35	31	28	34	30	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	26
					7	33	28	25	32	28	24	31	27	24	30	27	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23
					8	29	25	21	29	24	21	28	24	21	27	24	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	20
					9	25	22	19	25	21	18	25	21	18	25	21	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17
10	21	19	16	24	19	16	23	19	16	23	19	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	15					
 <p>Fluorescent unit with flat prismatic lens, 2 lamp 2' wide—multiply by 1.10 for 2 lamp</p>		V	1 4 1 2	0	0	73	73	73	72	72	72	68	68	68	66	66	66	65	65	65	63	63	63	63			
					1	66	64	62	65	63	61	72	60	59	60	58	57	57	57	57	57	56	55	54	54	53	
					2	39	55	52	58	54	52	56	53	50	51	41	49	53	49	46	47	47	47	46	47	47	
					3	33	48	45	52	46	44	50	46	41	48	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	41
					4	27	41	37	45	40	38	43	41	36	41	40	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	36
					5	22	37	33	41	37	33	40	36	33	39	35	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	32
					6	18	24	20	27	27	23	29	26	23	27	26	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23
					7	14	19	15	23	20	18	23	20	17	22	20	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17
					8	10	13	9	17	15	12	17	15	12	17	15	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11
					9	7	9	6	12	10	8	12	10	8	11	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
10	5	6	4	9	7	5	9	7	5	8	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6					
 <p>Fluorescent unit with flat prismatic lens, 2 lamp 1' wide</p>		V	1 4 1 2	0	0	66	66	66	65	65	65	62	62	62	60	60	60	59	59	59	57	57	57	56			
					1	61	59	57	59	58	56	57	56	54	55	54	53	53	53	53	53	53	53	53	53	51	
					2	35	52	50	54	51	49	52	50	48	50	48	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	
					3	30	46	43	49	45	43	47	45	42	46	44	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
					4	25	41	38	45	41	38	43	40	38	42	39	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	
					5	21	37	34	40	36	34	39	36	33	38	35	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
					6	17	33	30	37	33	30	36	32	30	35	32	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
					7	14	30	27	34	29	27	31	29	26	32	29	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
					8	11	26	24	30	26	24	28	26	23	28	25	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
					9	8	23	21	27	23	21	27	23	20	25	23	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
10	5	20	18	25	21	18	24	21	18	24	21	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17						
 <p>Fluorescent unit with flat prismatic lens, 2 lamp 2' wide—multiply by 1.10 for 2 lamp</p>		V	1 4 1 2	0	0	71	71	71	70	69	69	66	66	66	65	65	65	64	64	64	63	63	63	63			
					1	65	63	61	63	62	60	61	59	58	59	57	56	57	56	56	56	56	56	56	56	54	
					2	38	55	53	57	55	52	55	53	51	54	52	50	52	50	52	50	52	50	49	49	49	
					3	33	49	46	52	49	46	50	47	45	49	46	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	
					4	28	44	40	47	43	40	46	42	40	46	43	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	
					5	23	39	35	43	38	35	42	38	35	40	37	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	
					6	19	35	31	39	34	31	38	34	31	37	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	
					7	15	31	28	35	31	28	34	30	27	33	30	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
					8	12	27	24	32	27	24	31	27	24	30	27	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
					9	9	24	21	29	24	21	28	24	21	27	24	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
10	6	22	19	26	22	19	25	21	19	25	21	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18						
 <p>At present time, "flattening" fluorescent units are new and evolving rapidly. These coefficients are included to indicate form, more recent data is preferable</p>		V	1 4 1 2	0	0	65	65	65	65	63	63	60	60	60	58	58	58	58	58	58	58	58	58				
					1	58	56	54	56	54	53	54	53	51	52	51	50	50	50	50	50	50	50	50	50	48	
					2	31	47	44	50	47	44	48	45	42	48	45	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
					3	25	41	37	44	40	37	43	39	36	41	38	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
					4	20	35	32	39	35	32	38	34	31	37	33	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	
					5	15	30	27	35	30	27	32	29	26	32	29	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
					6	11	26	23	31	26	23	30	26	23	29	25	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
					7	8	23	19	27	23	19	26	22	19	25	22	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18	
					8	5	20	16	24	19	16	23	19	16	23	19	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
					9	3	17	14	21	17	14	21	17	14	20	16	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
10	2	15	12	19	15	12	19	15	12	18	14	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12						

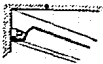





¹ see = per cent effective ceiling cavity reflectance

² see = per cent wall reflectance

³ HCR = Room Cavity Ratio

⁴ Maximum S.M.H. guide ratios of maximum luminance spacing to mounting or ceiling height above work plane

TABLA 3-9 (CONTINUACION)

Typical Luminaires	pcc*															
	80		70		50		30		10		0					
	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴	pa ⁴				
RCR ³	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance, pcc															
 <p>Single fluorescent lamp (one without reflector, multi by 2) for 2 rows and by 2 as for 1 row</p>	1	.42	.40	.39	.36	.35	.33	.25	.21	.23	Caves are not recommended for lighting areas having low reflectances.					
	2	.37	.34	.32	.32	.29	.27	.22	.20	.19						
	3	.32	.29	.26	.25	.23	.19	.17	.16							
	4	.29	.25	.22	.23	.22	.19	.17	.15	.13						
	5	.25	.21	.18	.22	.19	.16	.15	.13	.11						
	6	.23	.19	.16	.20	.16	.14	.14	.12	.10						
	7	.20	.17	.14	.17	.14	.12	.12	.10	.09						
	8	.18	.15	.12	.16	.14	.10	.11	.09	.08						
	9	.17	.13	.10	.13	.11	.09	.10	.08	.07						
	10	.15	.12	.09	.13	.10	.08	.09	.07	.06						
 <p>Diffusing plate of glass 1) Ceiling efficiency = 80%, diffuser transmittance = 90%, diffuser reflectance = 80%. Cavity with minimum obstructions and painted with 80% reflective paint—use A₁ = 70 2) For lower reflectance paint of obstructions—use A₂ = 50</p>	1	.69	.58	.56	.54	.56	.54									
	2	.53	.49	.45	.51	.47	.43									
	3	.47	.42	.37	.43	.41	.36									
	4	.41	.36	.32	.39	.35	.31									
	5	.37	.31	.27	.33	.30	.26									
	6	.33	.27	.23	.31	.27	.23									
	7	.29	.24	.20	.28	.24	.20									
	8	.26	.21	.18	.25	.20	.17									
	9	.23	.19	.15	.23	.18	.15									
	10	.21	.17	.13	.21	.16	.13									
 <p>Prismatic plate of glass 1) Ceiling efficiency = 80%, prismatic transmittance = 90%, prismatic reflectance = 80%. Cavity with minimum obstructions and painted with 80% reflective paint—use A₁ = 70 2) For lower reflectance paint of obstructions—use A₂ = 50</p>	1	.71	.65	.66	.67	.66	.65	.63	.64	.62						
	2	.54	.49	.47	.51	.51	.53	.53	.51	.51						
	3	.47	.43	.40	.43	.43	.44	.44	.44	.44						
	4	.42	.37	.34	.39	.38	.42	.41	.41	.42						
	5	.36	.31	.27	.34	.30	.37	.33	.33	.33						
	6	.32	.27	.23	.31	.26	.32	.28	.28	.28						
	7	.28	.22	.19	.27	.21	.26	.22	.22	.22						
	8	.24	.18	.15	.23	.18	.22	.18	.18	.18						
	9	.20	.15	.12	.20	.15	.19	.15	.15	.15						
	10	.17	.13	.10	.17	.13	.16	.12	.12	.12						
 <p>Recessed ceiling 1) Ceiling efficiency = 50%, 48% solid angle of fixture at 90° reflectance. Cavity with minimum obstructions and painted with 80% reflective paint—use A₁ = 50 2) For other conditions refer to Fig. 3-11</p>	1										.47	.46	.45			
	2										.40	.41	.42	.43	.42	.40
	3										.42	.39	.37	.39	.38	.36
	4										.38	.35	.33	.36	.34	.32
	5										.35	.32	.29	.33	.31	.29
	6										.32	.29	.26	.30	.28	.26
	7										.29	.26	.23	.27	.25	.23
	8										.27	.23	.21	.25	.23	.21
	9										.24	.21	.19	.23	.21	.19
	10										.22	.19	.17	.22	.19	.17
 <p>2 x 2 fluorescent luminaire with 16' lamps mounted along diagonal—use studs 25, 11, or 41 as appropriate</p>	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
	6															
	7															
	8															
	9															
	10															
 <p>2 x 2 fluorescent luminaire with two 12' lamps—use studs 25, 42, or 42 as appropriate</p>	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
	6															
	7															
	8															
	9															
	10															

¹ RCR = Room Cavity Ratio

² A₁ = Diffuse effective ceiling cavity reflectance.

³ A₂ = Diffuse wall reflectance.

CAPITULO IV

Proyecto de Alumbrado de una Nave de Fundición de Acero

En este Capítulo se pretende llevar a la práctica métodos y demás consideraciones de los capítulos anteriores. En primer lugar se considera una nave de un horno de colada continua, en donde es muy importante y se debe tener mucho cuidado al seleccionar el tipo de luminaria, ya que el ambiente en esta área es muy sucio, existe una combinación de calor, polvo y agentes químicos muy corrosivos, los cuales escapan del acero fundido.

El área para iluminar es de 60 X 21.5 m., la altura a la cual está la parte más baja de las estructuras desde el piso es de 14 m. El techo es del tipo "dos aguas" de lámina de aluminio acanalada fijada en la estructura, los muros son de color gris oscuro y el piso es de concreto.

CALCULO DE ILUMINACION:

Para efectuar el cálculo de iluminación para esta nave, se utilizará el método de cavidad zonal, descrito en el capítulo anterior, para lo cual seguiremos los pasos que éste nos indica utilizando la hoja de cálculo propuesta designándola como fig.4-4

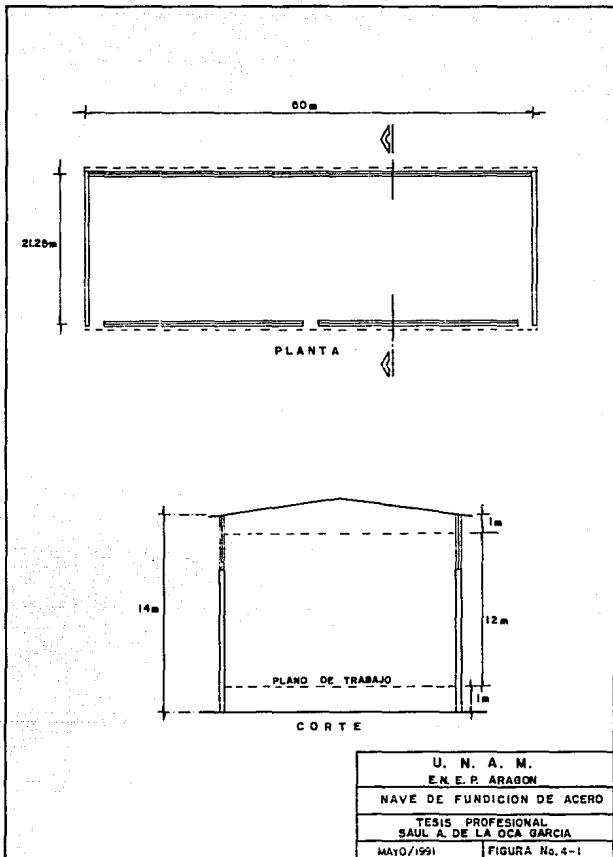
- 1).-Según se ha planteado, el uso del local será para una planta industrial de 60 x 21.25 m. x 14 m. de altura, según se muestra en la fig. 4-1. La altura de montaje de las luminarias será de 12 m., ya que se considera el montaje de las luminarias.
- 2).-De la tabla 3-3 obtenemos un nivel de iluminación recomendado por la S.M.I.I. para este tipo de local de 300 luxes.
- 3).-Como se mencionó anteriormente, el ambiente que prevalecerá en el local es muy sucio y de la tabla 3-5 obtenemos las reflectancias recomendadas que para nuestro caso consideramos:

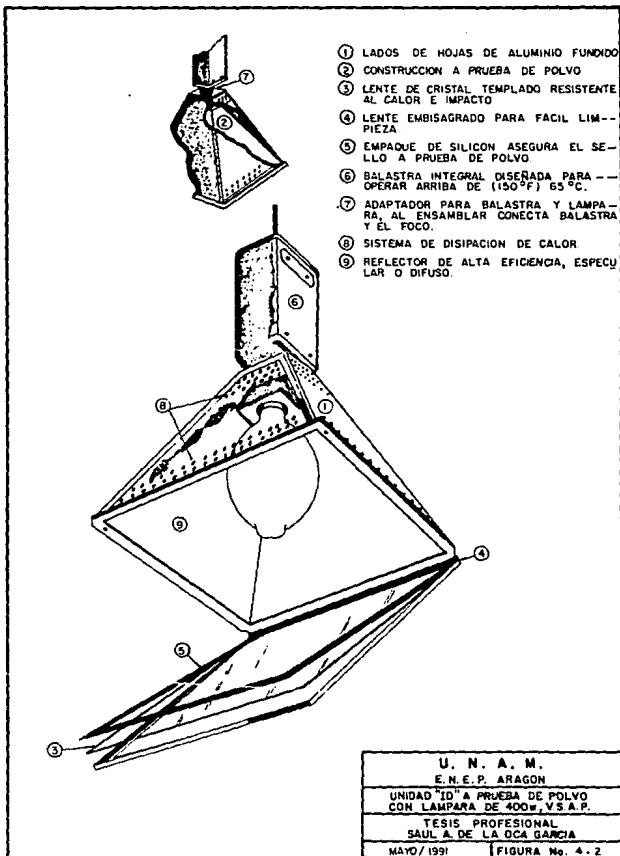
Reflectancia del techo = 70%

Reflectancia del piso = 20%

Reflectancia de las paredes = 30%

- 4).- El sistema de iluminación que se utilizará será directa, para iluminar directamente el plano de trabajo.
- 5).- Características del equipo de alumbrado. El tipo de luminaria que se ha seleccionado es cerrada a prueba de polvo (ver fig. 4-2). En este tipo de luminaria la única superficie que puede acumular polvo es la parte horizontal exterior del lente, el cuerpo de la luminaria es de lámina de aluminio, diseño en forma piramidal de doble cámara, en la parte alta y baja de la cubierta tiene dos hileras de agujeros, con el fin de que, al estar prendida la lámpara, el calor en la cámara produzca una circulación forzada de aire que evite la acumulación de calor y además barra la parte inferior del lente evitando así la acumulación de polvo. La cámara interior (el reflector) está sellada para aislarla totalmente del medio ambiente, es de aluminio terminado con proceso Alzak, para lograr una máxima





U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
UNIDAD "ID" A PRUEBA DE POLVO CON LAMPARA DE 400w, V.S.A.P.	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1991	FIGURA No. 4 - 2

reflectividad. El lente es de cristal termotemplado a prueba de golpes y cambios bruscos de temperaturas, se sujeta a la unidad por medio de un marco de una sola pieza, el cual está embisagrado y puede quedar colgado para facilitar el cambio de la lámpara, además, tiene un empaque de alta temperatura para garantizar el sellado.

El tipo de lámpara seleccionada es de vapor de sodio alta presión de 400 watts ya que, como se vió en el Capítulo II, presenta las siguientes ventajas:

- a).- Es la lámpara de mayor eficiencia.
- b).- La altura de montaje es ideal para aplicación.
- c).- Mayor tiempo de vida.
- d).- Reduce costos lo cual se refleja en menor consumo de energía, etc.

El voltaje de operación de la lámpara es de 220 V.C.A., de la tabla 2-1 obtenemos una depreciación del 10% ó 0.1 para este tipo de lámparas, las cuales tienen una producción lumínica inicial de 50,000 lúmenes (fig. 4.3) con lo cual obtendremos 45,000 lúmenes promedio a través de su vida.

- 6).- Como se mencionó anteriormente, la categoría de mantenimiento de las luminarias es establecida por los fabricantes de éstas. De la tabla 3-9 observamos que para este tipo de luminarias la categoría de mantenimiento es III.
- 7).- Relaciones de cavidad. El siguiente paso para el método de cavidad zonal es encontrar las relaciones de cavidad, para las cuales, como se indicó, las alturas correspondientes para el cálculo son las siguientes:

Altura de la cavidad del techo (h_{cc}) = 1 m.

Altura de la cavidad del local (h_{rc}) = 12 m.

Altura de la cavidad del piso (h_{fc}) = 1 m.

Las relaciones de cavidad, con esta información, se pueden obtener directamente mediante la tabla 3-7 pero en este caso se realizarán los cálculos en la fig. 4-4 para tener una mayor precisión, siendo los resultados:

Relación de cavidad del local (R.C.R.) = 3.83

Relación de cavidad del techo (C.C.R.) = 0.31

Relación de cavidad del piso (F.C.R.) = 0.31

8).-Reflectancias efectivas.- La tabla 3-8 proporciona un medio para convertir la combinación de las reflectancias de las paredes y del techo ρ_{cc} , y en la reflectancia efectiva de la cavidad del piso ρ_{fc} respectivamente.

Con los valores anteriores de R.C.R., C.C.R. y F.C.R., entramos a la tabla 3-8 para encontrar las reflectancias efectivas del techo y del piso.

$$\rho_{cc} = 63\%$$

$$\rho_{fc} = 19\%$$

IDS-400-C

Lamp: HPS (Clear)

Lamp Watts: 400

Lamp Lumens: 50,000

Floor Reflectance: 20%

System Code	Reflector	Lens	Maximum B/MH Ratio	Report #
C	Diffuse	Clear	1.1	8223

Luminaire Distribution Data	
Mid Plane Angle	Candpower C
0°	21,857
5°	21,976
15°	20,738
25°	16,940
35°	13,922
45°	8,852
55°	3,039
65°	423
75°	245
85°	65



ceiling reflectance	80%								70%								50%								30%								10%								0%							
% Wall Reflectance	75%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%														
0	83	83	83	83	81	81	81	81	81	79	79	79	79	77	77	77	77	77	77	74	74	74	74	74	71	71	71	71	71	70	70	70	70	70														
1	78	77	77	77	76	76	76	76	76	74	74	74	74	72	72	72	72	72	72	70	70	70	70	68	67	67	67	67	66	66	66	66	66															
2	75	74	74	74	74	73	73	73	73	71	71	71	71	69	69	69	69	69	69	67	67	67	67	65	64	64	64	64	63	63	63	63	63															
3	71	69	69	69	70	70	70	70	69	67	67	67	67	65	65	65	65	65	65	63	63	63	63	61	60	60	60	60	59	59	59	59	59															
4	67	65	65	65	66	66	66	66	65	63	63	63	63	61	61	61	61	61	61	59	59	59	59	57	56	56	56	56	55	55	55	55	55															
5	63	61	61	61	62	62	62	62	61	59	59	59	59	57	57	57	57	57	57	55	55	55	55	53	52	52	52	52	51	51	51	51	51															
6	60	57	57	57	58	58	58	58	57	55	55	55	55	53	53	53	53	53	53	51	51	51	51	49	48	48	48	48	47	47	47	47	47															
7	56	54	54	54	55	55	55	55	54	52	52	52	52	50	50	50	50	50	50	48	48	48	48	46	45	45	45	45	44	44	44	44	44															
8	53	49	49	49	50	50	50	50	49	47	47	47	47	45	45	45	45	45	45	43	43	43	43	41	40	40	40	40	39	39	39	39	39															
9	48	45	45	45	46	46	46	46	45	43	43	43	43	41	41	41	41	41	41	39	39	39	39	37	36	36	36	36	35	35	35	35	35															
10	46	43	43	43	44	44	44	44	43	41	41	41	41	39	39	39	39	39	39	37	37	37	37	35	34	34	34	34	33	33	33	33	33															

IDH-250-A, C, & D

Lamp: Mercury Vapor (Phosphor Coated)

Lamp Watts: 250

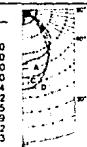
Lamp Lumens: 13,000

Floor Reflectance: 20%

Widelite

System Code	Reflector	Lens	Maximum B/MH Ratio	Report #
A	Specular	Clear	1.3	11494
C	Diffuse	Clear	1.3	8224
D	Specular	Embossed	1.3	12508

Luminaire Distribution Data	
Mid Plane Angle	Candpower
0°	3,723
5°	3,593
15°	3,503
25°	3,487
35°	3,251
45°	2,656
55°	1,564
65°	489
75°	98
85°	8



ceiling reflectance	80%								70%								50%								30%								10%								0%							
% Wall Reflectance	75%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%	10%	70%	80%	85%	90%														
IDH-250-A	0	83	83	83	83	81	81	81	81	77	77	77	77	74	74	74	74	74	74	71	71	71	71	71	71	71	71	71	70	70	70	70	70															
1	78	77	77	77	76	76	76	76	76	74	74	74	74	72	72	72	72	72	72	70	70	70	70	68	67	67	67	67	66	66	66	66	66															
2	75	74	74	74	74	73	73	73	73	71	71	71	71	69	69	69	69	69	69	67	67	67	67	65	64	64	64	64	63	63	63	63	63															
3	71	69	69	69	70	70	70	70	69	67	67	67	67	65	65	65	65	65	65	63	63	63	63	61	60	60	60	60	59	59	59	59	59															
4	67	65	65	65	66	66	66	66	65	63	63	63	63	61	61	61	61	61	61	59	59	59	59	57	56	56	56	56	55	55	55	55	55															
5	63	61	61	61	62	62	62	62	61	59	59	59	59	57	57	57	57	57	57	55	55	55	55	53	52	52	52	52	51	51	51	51	51															
6	59	57	57	57	58	58	58	58	57	55	55	55	55	53	53	53	53	53	53	51	51	51	51	49	48	48	48	48	47	47	47	47	47															
7	56	54	54	54	55	55	55	55	54	52	52	52	52	50	50	50	50	50	50	48	48	48	48	46	45	45	45	45	44	44	44	44	44															
8	53	49	49	49	50	50	50	50	49	47	47	47	47	45	45	45	45	45	45	43	43	43	43	41	40	40	40	40	39	39	39	39	39															
9	48	45	45	45	46	46	46	46	45	43	43	43	43	41	41	41	41	41	41	39	39	39	39	37	36	36	36	36	35	35	35	35	35															
10	46	43	43	43	44	44	44	44	43	41	41	41	41	39	39	39	39	39	39	37	37	37	37	35	34	34	34	34	33	33	33	33	33															
IDH-250-C	0	77	77	77	77	75	75	75	75	73	73	73	73	71	71	71	71	71	71	69	69	69	69	67	66	66	66	66	65	65	65	65	65															
1	73	71	71	71	71	70	70	70	70	68	68	68	68	66	66	66	66	66	66	64	64	64	64	62	61	61	61	61	60	60	60	60	60															
2	68	66	66	66	67	67	67	67	66	64	64	64	64	62	62	62	62	62	62	60	60	60	60	58	57	57	57	57	56	56	56	56	56															
3	64	62	62	62	63	63	63	63	62	60	60	60	60	58	58	58	58	58	58	56	56	56	56	54	53	53	53	53	52	52	52	52	52															
4	61	59	59	59	60	60	60	60	59	57	57	57	57	55	55	55	55	55	55	53	53	53	53	51	50	50	50	50	49	49	49	49	49															
5	57	55	55	55	56	56	56	56	55	53	53	53	53	51	51	51	51	51	51	49	49	49	49	47	46	46	46	46	45	45	45	45	45															
6	54	51	51	51	52	52	52	52	51	49	49	49	49	47	47	47	47	47	47	45	45	45	45	43	42	42	42	42	41	41	41	41	41															
7	51	48	48	48	49	49	49	49	48	46	46	46	46	44	44	44	44	44	44	42	42	42	42	40	39	39	39	39	38	38	38	38	38															
8	48	45	45	45	46	46	46	46	45	43	43	43	43	41	41	41	41	41	41	39	39	39	39	37	36	36	36	36	35	35	35	35	35															
9	45	42	42	42	43	43	43	43	42	40	40	40	40	38	38	38	38	38	38	36	36	36	36	34	33	33	33	33	32	32	32	32	32															
10	43	40	40	40	41	41	41	41	40	38	38	38	38	36	36	36	36	36	36	34	34	34	34	32	31	31	31	31	30	30	30	30	30															
IDH-250-D	0	74	74	74	74	72	72	72	72	70	70	70	70	68	68	68	68	68	68	66	66	66	66	64	63	63	63	63	62	62	62	62	62															
1	70	68	68	68	68	66	66	66	66	64	64	64	64	62	62	62	62	62	62	60	60	60	60	58	57	57	57	57	56	56	56	56	56															
2	66	64	64	64	65	65	65	65	64	62	62	62	62	60	60	60	60	60	60	58	58	58	58	56	55	55	55	55	54	54	54	54	54															
3	61	59	59	59	60	60	60	60	59	57	57	57	57	55	55	55	55	55	55	53	53	53	53	51	50	50	50	50	49	49	49	49	49															
4	57	55	55	55	56	56	56	56	55	53	53	53	53	51	51	51	51	51	51	49	49	49	49	47	46	46	46	46	45	45	45	45	45															
5	54	51	51	51	52	52	52	52	51	49	49	49	49	47	47	47	47	47	47	45	45	45	45	43	42	42	42	42	41	41	41	41	41															
6	51	48	48	48	49	49	49	49	48	46	46	46	46	44	44	44	44	44	44	42	42	42	42	40	39	39	39	39	38	38	38	38	38															
7	47	44	44	44	45	45	45	45	44	42	42	42	42	40	40	40	40	40	40	38	38	38	38	36	35	35	35	35	34	34	34	34</																

9).-Coeficiente de utilización.- Con los valores obtenidos entramos a los datos de la figura 4-3 en donde se muestra la curva de distribución de la luminaria que estamos empleando así como su coeficiente de utilización. Cabe aclarar que en caso de no contar con esta información, se pueden emplear los datos de la tabla 3-9. De esta manera encontramos que el coeficiente de utilización (C.U.) es de 0.58.

10).- Tiempo de cambio de la lámpara.- La vida del foco, según el fabricante, es de 24,000 hrs., si la lámpara está en servicio 14 horas por día, el tiempo de reposición del foco será de 46 meses.

11).- Coeficiente de mantenimiento.- Como se anotó anteriormente, el medio ambiente es muy sucio, y para fines de un cálculo más exacto, se considerará un programa de mantenimiento medio en el cual se realizará la reposición de lámparas cada 36 meses así como la limpieza general del local y de las luminarias.

Con estos datos entramos a la gráfica de la figura 3-7 encontrando un valor de depreciación esperada por polvo de 42%, con este valor y con la relación de cavidad del local (R.C.R. = 3.83) entramos a la tabla de la gráfica 3-7 y obtenemos un factor de depreciación de las superficies del cuarto por polvo (R.S.D.D.) de 0.90.

De manera semejante, conociendo la categoría de mantenimiento de la luminaria (III), el tipo de ambiente (muy sucio) y el ciclo de limpieza (36 meses), encontramos el valor del factor de depreciación por suciedad de la luminaria (L.D.D.) en la gráfica correspondiente de la figura 3-8, siendo éste de 0.6.

Una vez obteniendo los datos de depreciación de las superficies del cuarto por polvo (R.S.D.D.) y del factor de depreciación por suciedad de la luminaria (L.D.D.) obtenemos el coeficiente de mantenimiento (m.f.) el cual es de 0.54.

Al total de pérdidas se le ha nombrado como "factor resultante" (F.R.) en la hoja de cálculo presentada en el Capítulo III (fig. 3-9) el cual, para nuestro ejemplo, nos da un valor de 0.31 (ver fig. 4-4).

12).- Finalmente, contando con todo los datos necesarios, aplicamos la fórmula del método de cavidad zonal y encontramos que el número de luminarias con lámpara de 400 watts de vapor de sodio alta presión necesarias para proporcionar un nivel de iluminación de 300 luxes para este local es de 27.

Ahora calculemos el área promedio de luminaria como sigue:

$$\text{Área total / No. de luminarias} = 1272.6 / 28 = 45.45 \text{ m}^2$$

El espaciamiento entre luminarias se determina obteniendo la raíz cuadrada del área promedio por luminaria:

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{\text{área/luminaria}} = \sqrt{45.45 \text{ m}^2} = 6.74 \text{ m}$$

El número aproximado de luminarias en cada hilera se puede encontrar dividiendo primero la longitud del local por el espaciamiento promedio.

$$\text{A lo largo} = 60 / 6.74 = 8.9 \text{ luminarias}$$

$$\text{A lo ancho} = 21.25 / 6.74 = 3.15 \text{ luminarias}$$

1).- TIPO DEL LOCAL: NAVE IND.; LONGITUD (L): 60 m, ANCHO (A) 2125 m
AREA (S) = 12725 m²; ALTURA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO (H): 12 m.

2).- NIVEL DE ILUMINACION (E): 300 LUX
(TABLA 3-3)

3).- AMBIENTE: MUY LIMPIO () ; LIMPIO () ; MEDIO () ; SUCIO () ; MUY SUCIO (X)
(TABLA 3-4)
PORCENTAJE DE REFLEXION: PISO: 20 % ; PARED: 30 % ; TECHO: 70 %
(TABLA 3-5)

4).- SISTEMA DE ILUMINACION: DIRECTA (X) ; SEMIRECTA () ; DIR. - IND. () ;
(TABLA 3-6) SEMI-IND () ; INDIRECTA ()

5).- CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE ALUMBRADO:
TIPO DE UNIDAD: EMPOTRAR () ; SOBREPONER () ; INDUSTRIAL (X)
DIMENSIONES: LARGO: 0.40 m ; ANCHO: 0.39 m, ALTURA: 0.77 m.
CAPACIDAD: 400 WATTS; TIPO: V.S.A.P. COLOR: CLARO
No LAMPARAS: 1 ; VOLTAJE DE OPERACION: 220 VOLTS; DIFUSOR: ALZAR
LUMENES: $LI \times LLD \times No. LAMP. = 50,000 \times 0.911 \times 45,000$
(TABLA 2-1)

6).- CATEGORIA DE LA LUMINARIA: III (TABLA 3-9)

7).- RELACIONES DE CAVIDAD: $\frac{5H(L+A)}{S}$ 6 TABLA 3-7

CUARTO: 3.83 TECHO: 0.31 PISO: 0.31
R. C. R. = $\frac{5 \times 12 \times (60 + 2125)}{12726}$ C. C. R. = $\frac{5 \times 1 \times (60 + 2125)}{12726}$ F. R. C. = $\frac{5 \times 1 \times (60 + 2125)}{12726}$

8).- REFLECTANCIAS EFECTIVAS. PISO $\rho_{fc} =$ 0.19 TECHO $\rho_{cc} =$ 0.63
(TABLA 3-8)

9).- COEFICIENTE DE UTILIZACION C.U.: 0.58
 $X1 =$ 0.62 $X2 =$ 0.57 $CU = \frac{X1 - X2}{R.C.R.} + X2 = \frac{0.62 - 0.57}{3.83} + 0.57 =$ 0.580
(TABLA 3-9, $X1 > X2$)

10).- TIEMPO DE CAMBIO DE LA LAMPARA T.C.L. = $\frac{0.8 \times \text{HORAS DE VIDA (TABLA 2-1)}}{\text{HORAS DIARIAS DE ENCENDIDO} \times 30 \text{ DIAS}}$ = MESES
T. C. L. = $\frac{0.8 \times 24,000}{14 \times 30} =$ 45.71 MESES

11).- COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO: m. f. = R.S.D.D. \times L.D.D. = 0.91 \times 0.6 = 0.546
DEPRECIACION POR SUCIEDAD DEL CUARTO (R.S.D.D.) = 0.90 (FIG 3-81)
DEPRECIACION POR SUCIEDAD DE LA LUMINARIA (L.D.D.) = 0.60 (FIG 3-7)
FACTOR RESULTANTE F.R. = C.U. \times m. f. = 0.58 \times 0.60 = 0.348

12).- No. DE LUMINARIAS = $\frac{E \times S}{LUMENES \times F.R.} = \frac{300 \times 12725}{45000 \times 0.348}$

N. L. = 27.36 \times 27

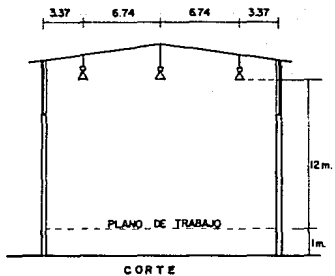
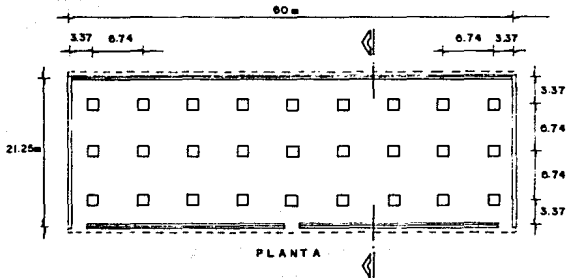
U. N. A. M.
E. N. E. P. ARAGON

CALCULO DE ILUMINACION POR
EL METODO DE CAVIDAD ZONAL

TESIS PROFESIONAL
SAUL A. DE LA OCA GARCIA

MAYO/1991

FIGURA No 9-4



U N A M.	
E. N. E. P. ARAÇON	
DISTRIBUCION DE LUMINARIAS EN NAVE DE FUNDICION DE ACERO	
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA	
MAYO / 1991	FIGURA No 4-5

El número instalado en cada hilera será de $9 \times 3 = 27$ luminarias.

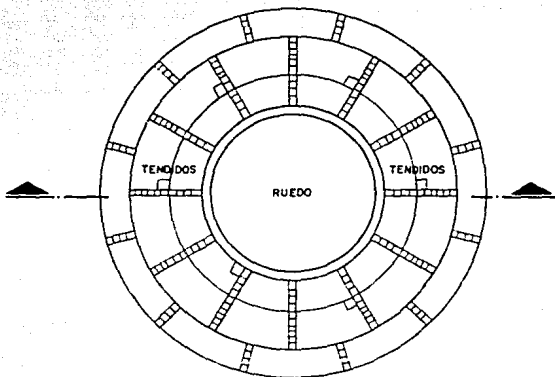
Debemos también asegurarnos de que la relación de espaciamiento a altura de montaje no exceda lo especificado por el fabricante de la luminaria, que es de 1.1 (ver fig. 4-3), o sea que el espaciamiento no debe ser mayor que 1.1 veces la altura de montaje, en nuestro ejemplo la altura de montaje es de 12 m., y un espaciamiento de 6.74 m., por lo tanto, la distribución es adecuada (ver fig. 4-5).

ALUMBRADO DE RUEDO PLAZA DE TOROS *MEXICO*.

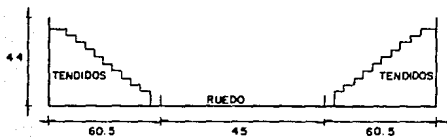
Uno de los proyectos que he realizado durante mi experiencia profesional, ha sido la remodelación de las instalaciones eléctricas de alumbrado y fuerza de la Plaza de Toros México en donde, además, se solicitó un alumbrado para el ruedo, el cual deberá cumplir con los requerimientos de seguridad, economía y facilidad de mantenimiento de acuerdo a las normas en vigor. Las dimensiones del problema a resolver se presentan en la figura 4-6.

Debido a las características del local y los requerimientos de color y nivel de iluminación (1000 Luxes), se realizó el proyecto de alumbrado a base de reflectores con lámparas de aditivos metálicos. El procedimiento de cálculo con reflectores es diferente al procedimiento de alumbrado para interiores y se describe a continuación:

- 1).- Determinación del nivel de iluminación. Como se indicó en el capítulo anterior, el nivel de iluminación se obtiene de la tabla 3-3, el cual corresponde a 1,000 Luxes.



PLANTA



CORTE

ACGT. EN METROS
SIN ESCALA

U. N. A. M. E. N. E. P. ARAGON
PLAZA DE TOROS MEXICO
TESIS PROFESIONAL SAUL A. DE LA OCA GARCIA
MAYO/1991
FIGURA No. 4-6

2).- Determinación del tipo y colocación de los reflectores. Hay una dispersión del haz luminoso para el haz horizontal y otra para el haz vertical, que se define como el ángulo comprendido entre la dirección (horizontal o vertical) en que la intensidad luminosa es el 10% de la máxima que existe cerca o en el centro mismo del haz. Estas dispersiones del haz están divididas en tipos, a los cuales la National Electric Manufacturers Association (NEMA) ha asignado un número, como se muestra en la tabla 4-1.

TABLA 4-1
IDENTIFICACION DE LOS REFLECTORES PARA EXTERIORES

Identificación de los reflectores para exteriores.	
Abertura del haz en grados	Identificación del tipo NEMA
10 a 18	1
18 a 29	2
29 a 46	3
46 a 70	4
70 a 100	5
100 a 130	6
130 y mayor	7

Si se le asigna un sólo número NEMA al reflector, esto significa que es simétrico y que la curva isocandela representa el promedio en todas las direcciones desde el eje. Los reflectores asimétricos tienen un haz más ancho en la dirección horizontal que en la vertical y se le asignan dos números NEMA, de los cuales, el primero corresponde a la apertura horizontal y el segundo a la vertical. Nunca deben seleccionarse los reflectores sólo con base en el grado de dispersión de

sus haces. Se deben utilizar las trazas de candela para verificar la forma real del haz.

La eficacia del haz es la relación en tanto por ciento entre los lúmenes del haz, que son los que están contenidos dentro de la abertura del haz, y los lúmenes de la lámpara.

La elección de la apertura del haz depende de las circunstancias particulares, por lo que se aplican los siguientes conceptos generales:

a).- Cuanto mayor sea la distancia desde el reflector a la zona a iluminar, más estrecha será la apertura del haz.

b).- Para obtener una buena uniformidad de iluminación, los bordes de los haces de los reflectores deben solaparse lo mejor posible en la superficie que ha de ser iluminada ya que, como se mencionó anteriormente, la intensidad luminosa en el borde del haz es el 10% de la que hay en el centro de éste.

c).- El porcentaje de lúmenes del haz que caen fuera de la zona a iluminar es generalmente inferior con unidades de haz estrecho que con las de haz ancho.

Basándose en los conceptos anteriores, y después de verificar varias curvas de diferentes tipos de reflectores, se selecciona el reflector "Tite-Lite" con lámpara de aditivos metálicos de 1000 watts el cual se muestra en la fig. 4-7 y cuyos datos fotométricos se presentan en la fig. 4-8.

- 3).- Determinación del coeficiente de utilización del haz. Para determinar el número de reflectores necesarios para obtener el nivel de iluminación requerido en una determinada situación, se debe conocer el número de lúmenes del haz del reflector (dados por el fabricante) y el porcentaje de éstos que incide sobre la zona a iluminar. La relación entre los lúmenes incidentes sobre la superficie a iluminar y los lúmenes del haz se llama "*coeficiente de utilización del haz*"

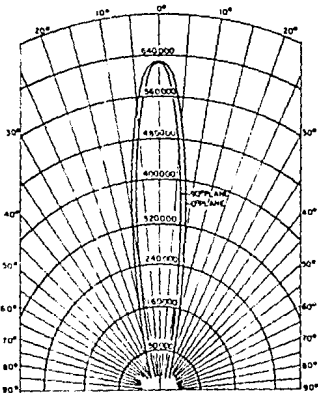
TL-1000-T

Lamp designation: M-1000/BU

Lamp watts: 1000

Lamp lumens: 130,000

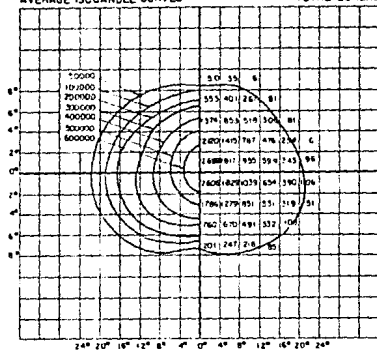
Beam lumens @ 27°	Wax condenser	638,000
Beam efficiency 40.8%	Total efficiency	68.9%
Beam spread 45.3°	Total lumens	89,970
Wax spread 16.2°	WEMA type	3H x 1 Vert



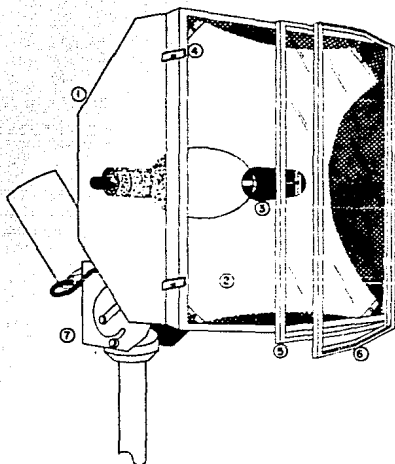
CANDLEPOWER DISTRIBUTION CURVE

AVERAGE ISOCANDLE CURVES

TOTAL LUMENS



U. N. A. M.
E. N. E. P. ARAGON
CURVAS DE DISTRIBUCION
REFLECTOR TL-1000-T
SALES DE LA OCA, GARCIA
MAYO/1961
FLUORA No. 4-B



NOMENCLATURA

- ① CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO, CON ALETAS DISIPADORAS DE CALOR INTEGRALES, -- ACABADO CON PINTURA DE ALUMINIO RESISTENTE A LA CORROSION
- ② REFLECTOR DE ALUMINIO ALZAK
- ③ SOCKET DE PORCELANA TIPO MOGUL PRE-- ALAMBRADO PARA OPERAR HASTA 1500 -- WATTS, 600 VOLTS
- ④ SISTEMA DE EMBISAGRADO.
- ⑤ LENTE DE CRISTAL CLARO TERMOTEMPLADO RESISTENTE AL IMPACTO Y CHOQUE TERMICO.
- ⑥ MIRA INTERCONSTRUIDA PARA FACILITAR SU-ALINEACION.
- ⑦ BALASTRA ALTO FACTOR PARA OPERAR A TEM- PERATURAS HASTA DE 85°C.

U. N. A. M.	
E. N. E. P. ARAGON	
REFLECTOR TITE LITE 1000 T	
TESIS PROFESIONAL SAUL A DE LA OCA GARCIA	
MAYO/1994	FIGURA No. 4-7

(C.B.U., Coefficient of Beam Utilization). Este se obtiene sobreponiendo la zona iluminada en la cuadrícula de datos fotométricos como se muestra a continuación.

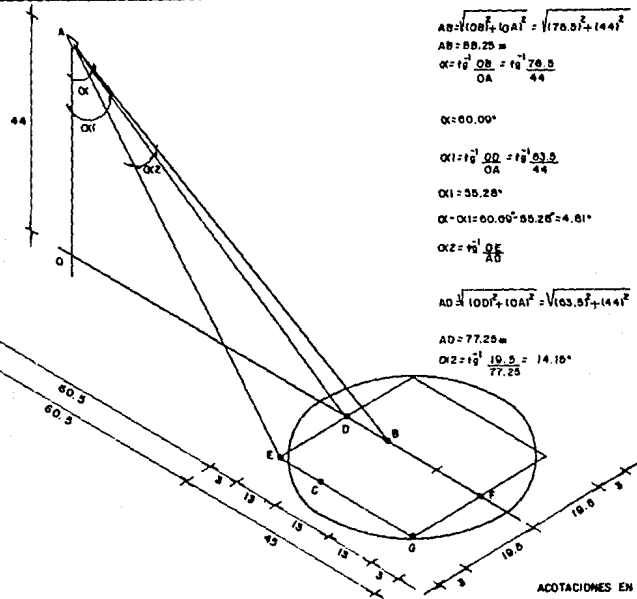
Se determina el área que abarca el haz del reflector a cierto ángulo de apuntamiento, esto se realiza mediante aproximaciones hasta obtener el mayor coeficiente de utilización. Como resultado de la práctica se recomienda apuntar el reflector al punto 1/3 de la longitud total a iluminar, (ver fig. 4-9), en donde se realiza el primer tanteo, trazando un cuadrado a 3m. del perímetro del rueda.

El primer paso es obtener la distancia desde el reflector hasta el punto que se está iluminando (AB) la cual es de 88.25 m., así como el ángulo de apuntamiento α el cual resulta de 60.09° . Obtenemos el ángulo α_1 de 55.28° , obtenemos la diferencia entre los ángulos α y $\alpha_1 = 4.81^\circ$ y colocamos el punto D en la hoja de datos fotométricos con el ángulo correspondiente en la dirección vertical que en nuestro caso es de 4.81° .

Obtenemos el ángulo α_2 (14.16°) entre las rectas AD y AE ubicando el punto E en la fig. 4-11. Se obtiene el ángulo α_4 (6.67°) entre las rectas AB y AF (ver fig. 4-10) y se coloca en la hoja de datos fotométricos. De manera semejante a como se obtuvo el ángulo α_2 del punto D, obtenemos el ángulo α_5 del punto G y se coloca en la fig. 4-11. Por último obtenemos el ángulo α_6 del punto C ubicándolo en la hoja de datos.

Una vez que se ha proyectado el área iluminada sobre la hoja de datos fotométricos, se realiza la suma de los lúmenes que están dentro del área y se divide entre los lúmenes del haz, obteniendo así el C.B.U. (coeficiente de utilización del haz). Cabe hacer notar que para la suma mencionada se debe tomar únicamente la parte proporcional de los lúmenes de la zona en donde ésta no es abarcada totalmente por el haz. Por ejemplo, en el punto D (14.16° H,

U. N. A. M.
 E. N. E. P. ARAGON
 ANGILOS DE PUNTOS "O", "V", "E"
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL A. DE LA OCA GARCIA
 MAYO/1991 FIGURA No. 4.9



$$AB = \sqrt{(OB)^2 + (OA)^2} = \sqrt{(76.5)^2 + (44)^2}$$

$$AB = 88.25 \text{ m}$$

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{OB}{OA} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{76.5}{44}$$

$$\alpha = 60.09^\circ$$

$$\alpha_1 = \operatorname{tg}^{-1} \frac{OQ}{OA} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{63.5}{44}$$

$$\alpha_1 = 55.28^\circ$$

$$\alpha - \alpha_1 = 60.09^\circ - 55.28^\circ = 4.81^\circ$$

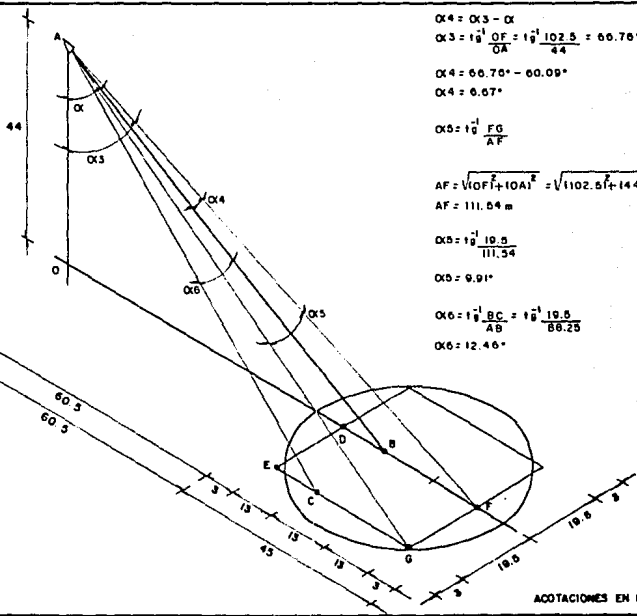
$$\alpha_2 = \operatorname{tg}^{-1} \frac{OQ}{AB}$$

$$AD = \sqrt{(OD)^2 + (OA)^2} = \sqrt{(63.5)^2 + (44)^2}$$

$$AD = 77.25 \text{ m}$$

$$\alpha_2 = \operatorname{tg}^{-1} \frac{19.5}{77.25} = 14.18^\circ$$

ACOTACIONES EN METROS



$$\alpha 4 = \alpha 3 - \alpha$$

$$\alpha 3 = \tan^{-1} \frac{OF}{OA} = \tan^{-1} \frac{102.5}{44} = 66.76^\circ$$

$$\alpha 4 = 66.76^\circ - 60.09^\circ$$

$$\alpha 4 = 6.67^\circ$$

$$\alpha 5 = \tan^{-1} \frac{FG}{AF}$$

$$AF = \sqrt{(OF+OA)^2} = \sqrt{(102.5+44)^2}$$

$$AF = 111.54 \text{ m}$$

$$\alpha 5 = \tan^{-1} \frac{10.5}{111.54}$$

$$\alpha 5 = 9.91^\circ$$

$$\alpha 6 = \tan^{-1} \frac{BC}{AB} = \tan^{-1} \frac{10.5}{88.25}$$

$$\alpha 6 = 12.46^\circ$$

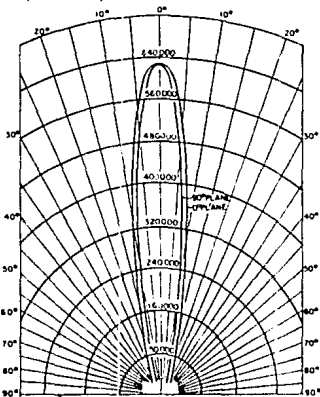
ACOTACIONES EN METROS

U. N. A. M.
 E. N. E. P. AMADOR
 ANGILOS DE PUNTOS "C", "F" Y "G"
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL A. DE LA OCA GARCIA
 MARZO/1991 FIGURA No. 4-10

TL-1000-T

Lamp designation: M-1000/BU
 Lamp watts: 1000
 Lamp lumens: 130,000

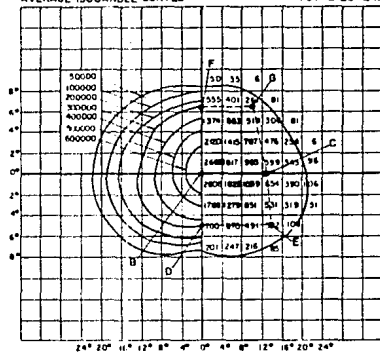
Beam lumens 61,274	Beam candela/ft ² 638,000
Beam efficiency 46.3%	Total efficiency 48.9%
Beam spread 45.3°	Total lumens 130,000
Vert spread 16.2°	FCM type SH 4 Vert



CANDLEPOWER DISTRIBUTION CURVE

AVERAGE ISOCANDLE CURVES

TOTAL LUMENS



U. N. A. M.
 E. N. E. P. ARAGON
 CALCULO DE ALUMENOS EN RUEDOS
 PRIMER TANTO
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL A. DE LA OCA GARCIA
 MAYO/1991
 FIGURA No. 4-11

4.81^oV), el área proyectada abarca aproximadamente el 45% de 760 lúmenes lo que corresponde a:

$$760 \times 0.45 = 342$$

De esta forma, el total de lúmenes abarcados por el haz, en este primer tanteo es de:

$$23428.2 \times 2 = 46856.4$$

y el C.B.U.es:

$$\text{C.B.U.} = 46856.4 / 61274 = 0.764$$

En general, el C.B.U. de los reflectores debe variar entre 0.6 y 0.9, si éste resultara menor de 0.6, nos indicaría que existe otro emplazamiento o ángulo de apuntamiento que resultaría más económico porque se reduce el número de reflectores a emplear, en nuestro caso, el valor resultante de 0.764 es muy aceptable, por lo que continuaremos con nuestro cálculo.

- 4).-Factor de conservación. Como se mencionó en el Capítulo III, la eficacia del alumbrado disminuye por la degradación de las lámparas y por la suciedad sobre las superficies reflectoras y transmisoras del equipo. El factor de conservación por aplicar debe considerar los siguientes puntos:

a).- Pérdida de emisión luminosa por suciedad depositada en la lámpara, el reflector y la tapa de vidrio.

b).- Pérdida de emisión luminosa de la lámpara a través de sus horas de vida.

En este cálculo, al emplear una unidad cerrada, la depreciación por acumulación de polvo es poca ya que la cubierta de vidrio protege al reflector y a la lámpara, además de que por el tipo de eventos que se realizan en este local, se contará con un programa de mantenimiento bueno, obtenemos un valor de 78% a las 4000 horas de vida. Como factor de conservación resultante tenemos:

$$F.C. = 0.80 \times 0.78 = 0.624$$

5).- Finalmente, obtenemos el número de reflectores requeridos mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Número de reflectores: } = \frac{\text{Area} \cdot \text{Nivel Luminoso}}{\text{Lúmenes del haz} \cdot \text{C.B.U.} \cdot \text{F.C}}$$

Sustituyendo datos:

$$N.R. = \frac{1521 \cdot 1000}{61274 \cdot 0.764 \cdot 0.624} = 52.06 \text{ Reflectores}$$

Por lo tanto, en este primer tanteo se obtienen 52 reflectores que se distribuirán a lo largo del perímetro de los tendidos.

Ahora realizaremos el segundo tanteo pero apuntando el reflector al centro del rueda, obteniendo las fig. 4-12, 4-13 y 4-14, de donde tenemos:

$$21964.5 * 2 = 43929 \text{ Lúmenes}$$

$$\text{C.B.U.} = 43929 / 61274 = 0.716$$

$$\text{N.R} = \frac{1521 * 1000}{61274 * 0.716 * 0.624} = 55.55 \text{ reflectores} = 56 \text{ reflectores}$$

Como observamos, en el primer tanteo se obtuvo un menor número de reflectores y comparando las figuras 4-11 y 4-14, en éste se aprovecha mejor la curva de distribución del reflector y, al obtener un menor número de reflectores, se hace la instalación más económica.

- 6.- Comprobación de uniformidad de intensidad luminosa, una vez realizado el cálculo mediante los pasos 1 a 5, se debe verificar la uniformidad de intensidad luminosa mediante el cálculo "Punto por punto" descrito en el Capítulo III, lo cual se realiza a continuación.

Como se muestra en la fig. 4-15, se ha dividido el rueda en cuatro secciones, eligiendo un reflector de cada una de éstas cuyo nivel de iluminación se tomará como promedio de la sección para obtener el nivel de iluminación total en el punto deseado.

En la figura 4-15 se muestran los puntos 1, 2 y 3 en los que se verificará el nivel luminoso. Como observamos en la figura 4-16, el punto 1 (centro del ruedo) está desplazado 1.98^0 del punto de afocamiento B, de la figura 4-21 obtenemos las candelas de potencia que inciden en ese punto y aplicamos la fórmula para obtener el nivel de iluminación en el plano horizontal, lo cual es:

$$E_h = I \cos^3 \theta / H^2$$

Donde:

I = Candelas de potencia

θ = Angulo de apuntamiento

H^2 = Altura en metros

De esta manera obtenemos un nivel de 1033.14 lux en el centro del ruedo.

Para obtener el nivel de iluminación en el punto 2, en la figura 4-17 se muestra la contribución de los reflectores R₁ y R₃, siendo éstas de 45.39 y 18.77 lux respectivamente y la fig. 4-18 obtenemos la contribución de los reflectores R₂ y R₄ que es de 23.39 lux.

El nivel de iluminación total en el punto 2 será entonces:

$$E_2 = [(ER_1 \cdot 13) + (ER_2 \cdot 13) + (ER_3 \cdot 13) + (ER_4 \cdot 13)] \cdot 0.624$$

Sustituyendo datos:

$$E2 = [(45.39 \cdot 13) + (23.39 \cdot 13) + (18.77 \cdot 13) + (23.39 \cdot 13)] \cdot 0.624$$

$$E2 = 899.94 \text{ Lux}$$

Cálculo de iluminación en el punto 3.

En la fig. 4-19 se obtiene la contribución de los reflectores R₁ y R₃ en el punto 3 que es de 44.28 lux y 12.28 lux respectivamente. De la fig. 4-20 obtenemos la contribución de los reflectores R₂ y R₄ que es de 14.95 lux.

El nivel de iluminación total en el punto 3 es:

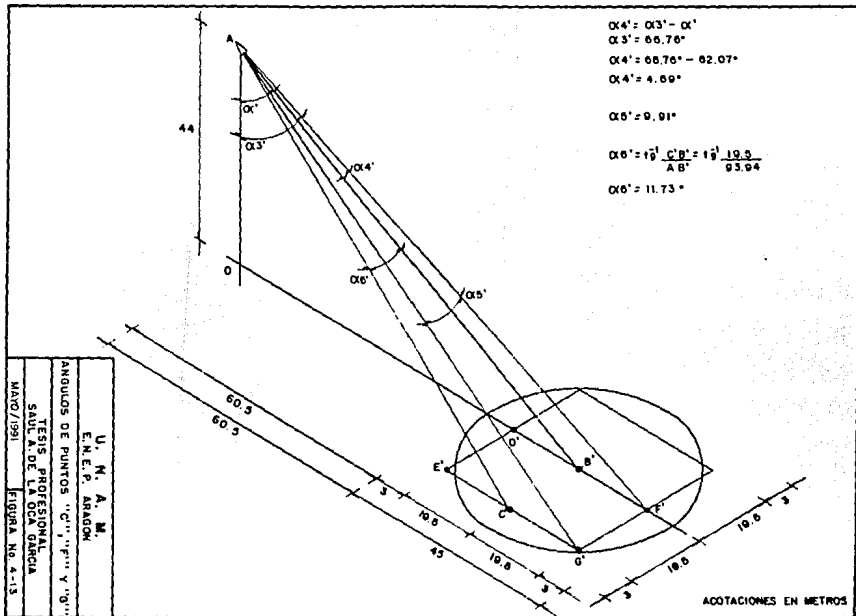
$$E3 = [(ER_1 \cdot 13) + (ER_2 \cdot 13) + (ER_3 \cdot 13) + (ER_4 \cdot 13)] \cdot 0.624$$

Sustituyendo datos:

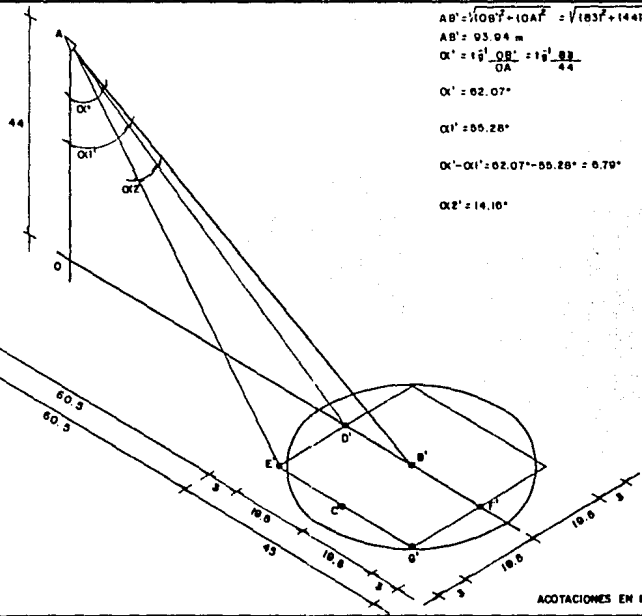
$$E3 = [(44.28 \cdot 13) + (14.95 \cdot 13) + (12.28 \cdot 13) + (14.95 \cdot 13)] \cdot 0.624$$

$$E3 = 701.36 \text{ Lux}$$

Como observamos, existe una diferencia de niveles de iluminación de 331.78 lux entre los puntos 1 y 3, pero si recordamos que para que el ojo humano distinga una diferencia de iluminación entre dos puntos ésta debe ser mayor de 1/3, los 331.78 lux no exceden este límite por lo que tenemos un nivel de iluminación promedio muy aceptable.



U. N. A. M.
 E. N. E. P. ARAGÓN
 ANGELOS DE PUNTOS "D" Y "E"
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL A. DE LA OCA GARCIA
 MAYO/1991
 FIGURA NO. 4-12



$$AB' = \sqrt{108^2 + 10A^2} = \sqrt{183^2 + 144^2}$$

$$AB' = 93.94 \text{ m}$$

$$\alpha' = \text{tg}^{-1} \frac{OB'}{OA} = \text{tg}^{-1} \frac{89}{44}$$

$$\alpha' = 62.07^\circ$$

$$\alpha 1' = 55.28^\circ$$

$$\alpha' - \alpha 1' = 62.07^\circ - 55.28^\circ = 6.79^\circ$$

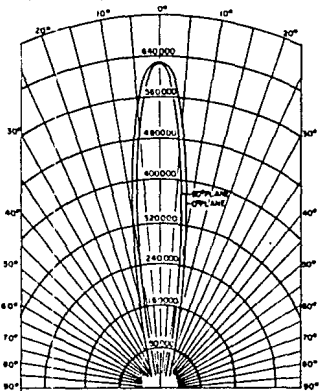
$$\alpha 2' = 14.10^\circ$$

ACOTACIONES EN METROS

TL-1000-T

Lamp designation: M-1000/BU
 Lamp watts: 1000
 Lamp lumens: 150,000

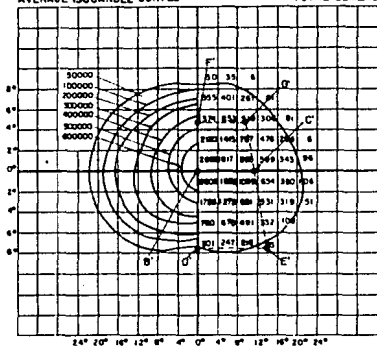
Beam lumens @ 2°	Was candpower	634,000
Beam efficiency @ 2°	Total efficiency	68.9%
Beam spread @ 2°	Total lumens	89,370
Vert. spread @ 2°	h x d type	3 1/2 x 1 Vert.



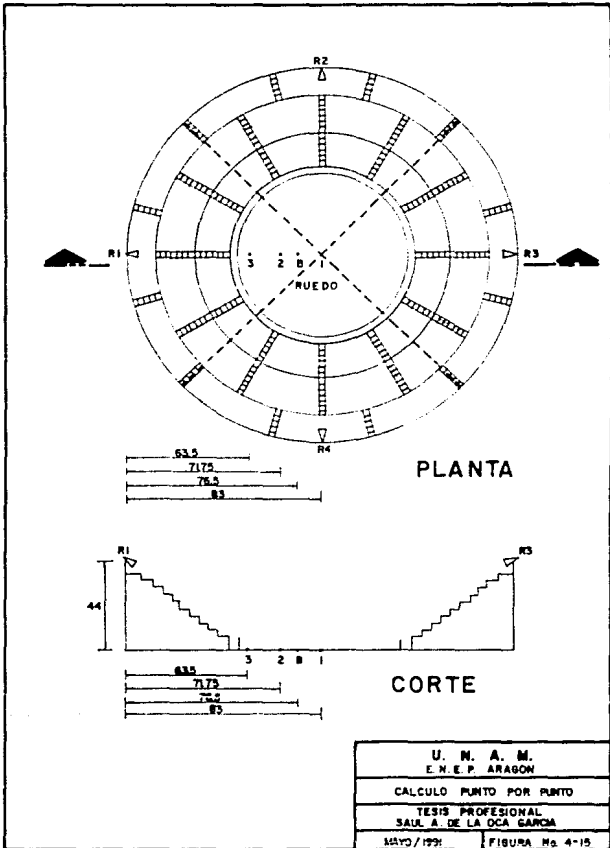
CANDLEPOWER DISTRIBUTION CURVE

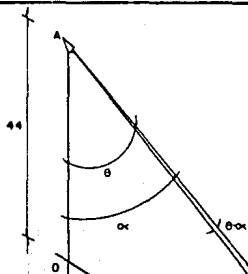
AVERAGE CANDLE CURVES

TOTAL LUMENS



U. N. A. M.
 E. N. E. P. ARRAGON
 CALCULO DE ALUMBRADO EN RUEDO
 SEGUNDO TANTO
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL A. DE LA OCA GARCIA
 MAYO/1991
 FIGURA No. 4-14





$$\alpha = 80.09^\circ$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{83}{44} = 62.07^\circ$$

$$\theta - \alpha = 62.07^\circ - 80.09^\circ = 19^\circ$$

De la fig. 4-21:

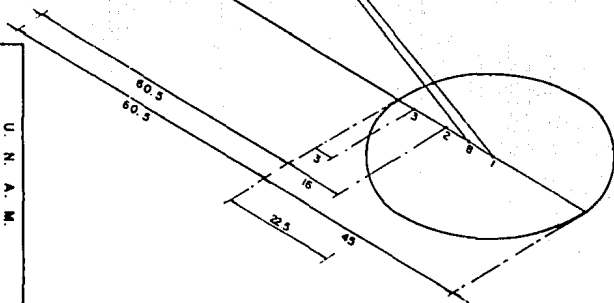
$$I_{\text{un}} = 800000 \text{ Cp}$$

$$E = \frac{800000 \cos^2 62.07^\circ}{44^2}$$

$$E = 3184 \text{ lux.}$$

Si son 52 reflectores con un factor de conversión de 0.624 tenemos:

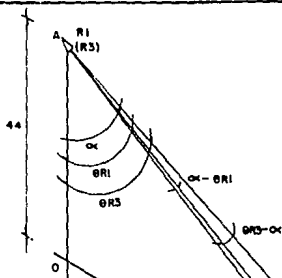
$$E = 3184 \times 52 \times 0.624 = 10334 \text{ lux}$$



ACOTACIONES EN METROS

U. N. A. M.
E. N. E. A. S. A. S. A. S.
CALCULO DE ILUMINACION EN EL PUNTO
TESIS PROFESIONAL
SAUL A. DE LA OCA GARCIA
MAYO/1991
FIGURA No. 4-8

U. N. N. A. M.
 E. N. E. P. ARAZÓN
 CALCULO DE ILUMINACION EN EL
 PUNTO 2
 TESIS PROFESIONAL.
 SAUL A. DE LA OCA GARCIA.
 MAYO/1991
 FIGURA No. 4-17



$$\alpha = 80.09^\circ$$

$$R1 = 1q' \frac{77.74}{44} = 58.48^\circ$$

$$\alpha - R1 = 80.09 - 58.48^\circ = 1.61^\circ$$

De la fig. 4-21:

$$I_{1a} = 615000 \text{ Cp}$$

$$ER1 = \frac{615000 \cos^2 58.48^\circ}{44^2}$$

$$ER1 = 49.39 \text{ lux}$$

$$R2 = 1q' \frac{74.25}{44} = 64.97^\circ$$

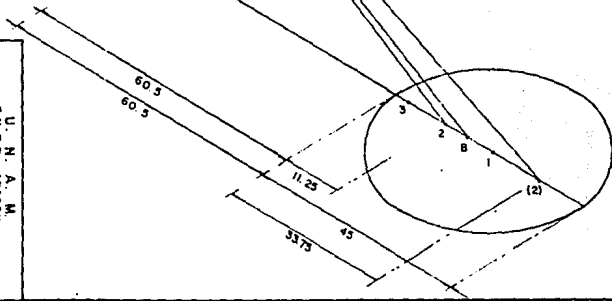
$$R2 - \alpha = 64.97 - 80.09 = 4.88^\circ$$

De la fig. 4-21:

$$I_{4a} = 480000 \text{ Cp}$$

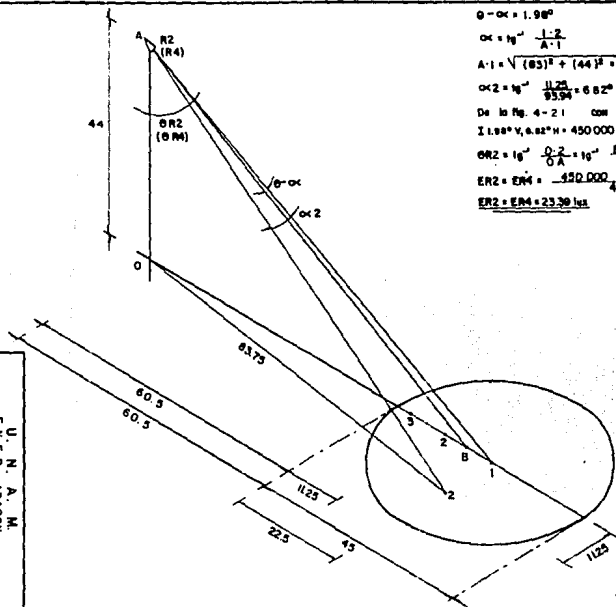
$$ER2 = \frac{480000 \cos^2 64.97^\circ}{44^2}$$

$$ER2 = 18.77 \text{ lux}$$



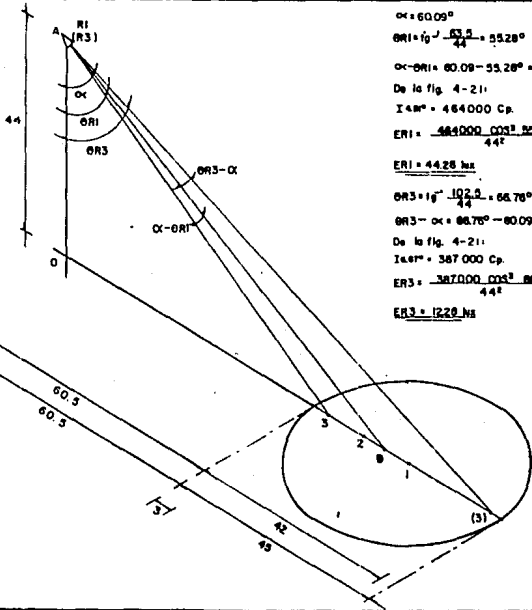
ACOTACIONES EN METROS

U. N. A. M.
 E. N. E. P. ARAGON
 CALCULO DE ILUMINACION EN
 PUNTO
 TESTIS PROFESIONAL
 SAUL A. DE LA OCA GARCIA
 MAYO/1991 FIGURA No. 4-IIg



$\theta - \alpha = 1.98^\circ$
 $\alpha = 19^\circ - \frac{1.2}{4.1}$
 $A \cdot 1 = \sqrt{(83)^2 + (44)^2} = 93.94$
 $\alpha 2 = 19^\circ - \frac{11.25}{93.94} = 6.82^\circ$
 De la Fig. 4-21 con $\theta - \alpha$ y $\alpha 2$.
 $I \cdot 1.08^\circ \text{ y } 6.82^\circ \text{ H} = 450000 \text{ Cp}$
 $\alpha R 2 = 19^\circ - \frac{0.2}{0.4} = 19^\circ - \frac{83.75}{44} = 62.28^\circ$
 $ER 2 = ER 4 = \frac{450000 \cdot \cos^2 62.28^\circ}{4.1}$
 $ER 2 = ER 4 = 23.36 \text{ lux}$

ACOTACIONES EN METROS



$$\alpha = 60.09^\circ$$

$$\theta_{R1} = \text{tg}^{-1} \frac{63.3}{44} = 55.28^\circ$$

$$\alpha - \theta_{R1} = 60.09 - 55.28 = 4.81^\circ$$

De la fig. 4-21:

$$I_4 m^2 = 464000 \text{ Cp.}$$

$$ER1 = \frac{464000 \cos^2 55.28^\circ}{44^2}$$

$$ER1 = 44.28 \text{ ms}$$

$$\theta_{R3} = \text{tg}^{-1} \frac{102.9}{44} = 66.76^\circ$$

$$\theta_{R3} - \alpha = 66.76 - 60.09 = 6.67^\circ$$

De la fig. 4-21:

$$I_4 m^2 = 387000 \text{ Cp.}$$

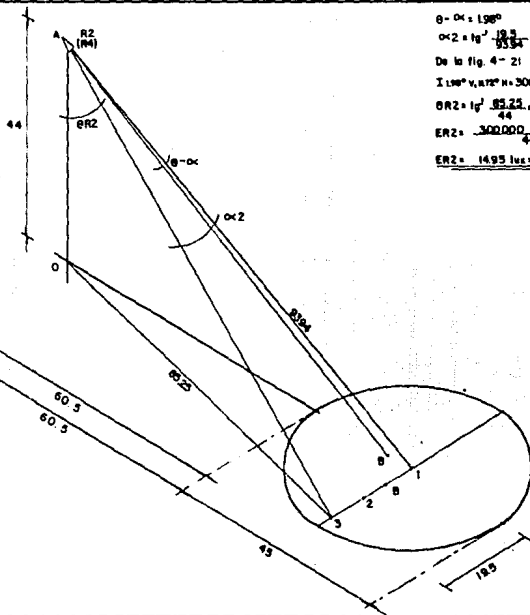
$$ER3 = \frac{387000 \cos^2 66.76^\circ}{44^2}$$

$$ER3 = 12.28 \text{ ms}$$

U. N. A. M.
E. M. E. P. ARAGON
CALCULO DE ILUMINACION EN
EL PUNTO 3
TESIS PROFESIONAL
SAUL A. DE LA OCA GARCIA
MAYO/1991
TABLA No. 4-3

ACOTACIONES EN METROS

U. N. A. M.
 E. N. E. P. ARAGON
 CALCULO DE ILUMINACION EN
 EL PUNTO 3
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL A. DE LA OCA GARCIA
 MAYO/1991
 FIGURA No. 4-20



$\theta - \alpha = 1.98^\circ$
 $\alpha_2 = \tan^{-1} \frac{18.3}{93.34} = 11.72^\circ$
 De la fig. 4-21 con $\theta - \alpha$ y α_2 .
 $I_{lum} \text{ v. a } H = 300000 \text{ Cp.}$
 $ER2 = I_{lum} \frac{\cos^3 \alpha_2}{44^2} = 62.70^\circ$
 $ER2 = \frac{300000 \cos^3 62.70^\circ}{44^2}$
 $ER2 = 1495 \text{ lux} = ER4$

ACOTACIONES EN METROS

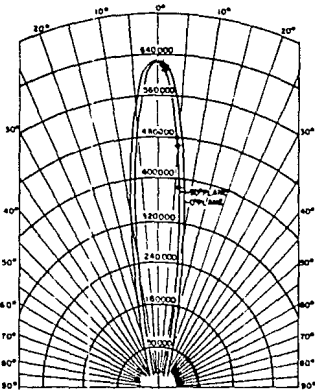
TL-1000-T

Lamp designation M-1000/BU

Lamp watts: 1000

Lamp lumens: 131,000

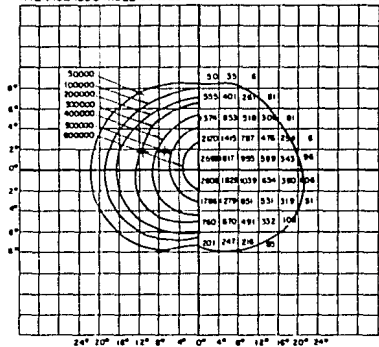
Beam lumens: 61,274	Max. Candegroup: 438,000
Beam efficiency: 43.8%	Total efficiency: 66.6%
Horiz. spread: 45.3°	Total lumens: 89,370
Vert. spread: 18.2°	NEMA type: 3H x Vert.



CANDLEPOWER DISTRIBUTION CURVE

AVERAGE ISOCANDLE CURVES

TOTAL LUMENS



U. N. A. M.
E. N. P. ARAGON
CALCULO PUNTO POR
PUNTO
TESIS PROFESIONAL
SAUL A DE LA OCA GARCIA
FIGURA No. 4-21
MATO/1991

Conclusiones

Esta Tesis es una recopilación de datos tomados de distintos libros y catálogos, va dirigida para todas aquellas personas que tengan necesidades de proyectar iluminación, contiene los conceptos básicos de la iluminación y, lo que considero más importante, la mayor parte de los datos necesarios para poder efectuar un cálculo de iluminación, ya que durante mi experiencia al realizar este tipo de proyectos, tengo que rodearme de varios libros o catálogos para obtener la información necesaria.

Cabe hacer notar que la elección de tipo de lámpara en cada uno de los ejemplos presentados influye en el aspecto económico del proyecto, ya que, si en el primer ejemplo se hubiera seleccionado una lámpara de vapor de mercurio o de aditivos metálicos, éste encarecería la operación de la instalación al aumentar la sección del alimentador, número de salidas, consumo de energía, etc.

En el segundo ejemplo, el proyecto se realizó basándose en el tipo del local, ya que al tratarse de un local para eventos recreativos es muy importante que los colores no se vean distorsionados, además de que, como se mencionó, un adecuado cálculo punto por punto permite economizar en la instalación además de obtener los niveles de iluminación satisfactorios para la realización de las actividades deseadas.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- I.E.S. LIGHTING HANBOOK. FIFTH EDITION
- 2.- WESTINGHOUSE, MANUAL DEL ALUMBRADO.
ED. DOSSAT
- 3.- CATALOGO Y CURVAS DE WIDE-LITE.
ALUMBRADO INTERIOR
- 4.- CATALOGO "HOLOPHANE"
- 5.- BOLETINES DE G.T.E. SYLVANIA Y FOCOS S. A.

No. 341 "LAMPARAS FLUORESCENTES"

No. 344 "LAMPARAS METALARC"

No. 346 "LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO"

No. 348 "LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION"

No. 349 "LAMPARAS DE TUNGSTENO-HALOGENO"
- 6.- CATALOGO "GUIA DE BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES". INDUSTRIA MEXICANA DE REACTORES.
- 7.- CATALOGO "GUIA DE BALASTROS ADVANCE PARA LAMPARAS DE GRAN INTENSIDAD". INDUSTRIA MEXICANA DE REACTORES.
- 8.- CATALOGO "ILUMINACION PARA LA INDUSTRIA S. A."